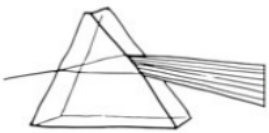
Простая наука для детей

# Химические элементы

## Как «болеет» олово?

Совместно с проектом ХИМИЯ ПРОСТО



Какие металлы – рассеянные?

## Кто открыл неон?

Для чего нужен плутоний?

Аванта

SHOUT
SHARE
IT

# Annotation

«Не все поймут, но многие вспомнят» — именно так обычно воспринимают периодическую таблицу химических элементов Д. Менделеева.

Книга Александра Иванова и Игоря Гордия «Химические элементы» расскажет о химии больше, чем среднестатистический школьник узнает за весь курс химии; расскажет интересно, живо, подробно и со знанием дела. Хочешь узнать, чем пахнет бром и как получил свое имя Полоний? Как открыли калифорний и где его применяют? Ты обратился к специалистам!

- Александр Иванов, Игорь Гордий
  - ○
  - ○ От авторов
  - ○ Введение
  - ○ Щелочные металлы
    - ■
    - ■ Я помню, как все начиналось…
    - ■ По одному электрону, или Чем они похожи?
    - ■ Литий. Самый легкий
    - ■ Натрий. Металл желтого огня
    - ■ Калий. Мягкий металл
    - ■ Рубидий. Усыпляющий и обезболивающий
    - ■ Франций. Элемент, который никто не видел
  - ○ Щелочноземельные металлы
    - ■
    - ■ Бериллий. О ком поет «Сплин»
    - ■ Магний. Гори-гори ясно, чтобы не погасло
    - ■ Кальций. На асфальте, на доске
    - ■ Барий. Страшный яд
    - ■ Радий. Триумф Кюри
    - ■ Водород. Первый и сам по себе
  - ○ Инертные газы
    - ■
    - ■ Гелий. В честь солнца
    - ■ Неон. Новый
    - ■ Аргон. Самый дешевый из семейства
    - ■ Криптон. Не страшен супермену
    - ■ Ксенон. Очень яркий
    - ■ Радон. Радиоактивный и инертный
    - ■ Оганесон. Последний
  - ○ Галогены

- 
- Фтор. Зло воплоти
- Хлор. Первое химическое оружие
- Бром. Противный и вонючий
- Йод. Котики здесь ни при чем
- Астат. Не видели, но существует

○ Полуметаллы, металлы и неметаллы
- 
- Бор. Такой себе элемент
- Кремний. Основа компьютерных технологий
- Германий. Брат кремния
- Мышьяк. Яд и не только
- Сурьма. Ни рыба, ни мясо
- Теллур. Яд и полупроводник
- Полоний. Источник энергии

○ Типичные неметаллы
- Углерод. Основа жизни
- Азот. Дышите, не дышите
- Кислород. Огонь
- Фосфор. Источник удобрений
- Сера. Стара, как мир
- Селен. Лунный

○ Типичные металлы
- Алюминий. Самый распространенный металл
- Галлий. Металл для фокусов
- Индий. Очень рассеянный
- Олово. Металл, который болеет
- Таллий. Не искали, но нашли
- Свинец. Элемент, а не животное
- Висмут. Последний из Могикан
- 104–116. Наука и только

○ Переходные металлы
- 
- Подгруппа скандия (IIIБ)
- Скандий. Металл для ракет
- Иттрий. Ну очень рассеянный
- Подгруппа титана (IVБ)
- Титан. В честь богов
- Цирконий. Нерадиоактивный металл для ядерной энергетики
- Гафний. Брат циркония
- Подгруппа ванадия (VБ)
- Ванадий. Открытый дважды
- Ниобий. Металл острых ощущений

- Тантал. Металл для лабораторной посуды
- Подгруппа хрома (VIБ)
- Хром. Кусочек радуги на земле
- Молибден. Словно создан для промышленности
- Вольфрам. По полю танки грохотали
- Подгруппа марганца (VIIБ)
- Марганец. Еще один в коллекции
- Технеций. Свой среди чужих, чужой среди своих
- Рений. Супружеский труд
- Семейство железа (VIIIБ)
- Железо. Металл, знакомый с детства
- Кобальт. Краски древности
- Никель. Ваши пять центов, мистер Кронштедт
- Подгруппа меди (IБ)
- Медь. Металл для проводов
- Серебро. Белое золото
- Всем элементам голова
- Подгруппа цинка (IIБ)
- Цинк. Защитник металлических изделий
- Кадмий. Кому мы доверяем жизнь
- Ртуть. У кого-то убегает молоко, а у химика — металл
- Подгруппа платины (VIIIБ)
- Рутений. Самый русский металл
- Родий. Не все то серебро, что блестит
- Палладий. Металл, пожирающий водород
- Осмий. Самый плотный
- Иридий. Под Нобелевскую премию
- Платина. Высший класс

○ Лантаноиды

- 
- Актиноиды
- Актиний. Отец рода
- Торий. Божественный
- Протактиний
- Уран. Добро или зло?
- Нептуний. Планеты-планеты…
- Плутоний
- Америций
- Кюрий
- Берклий
- Калифорний
- Эйнштейний
- Фермий

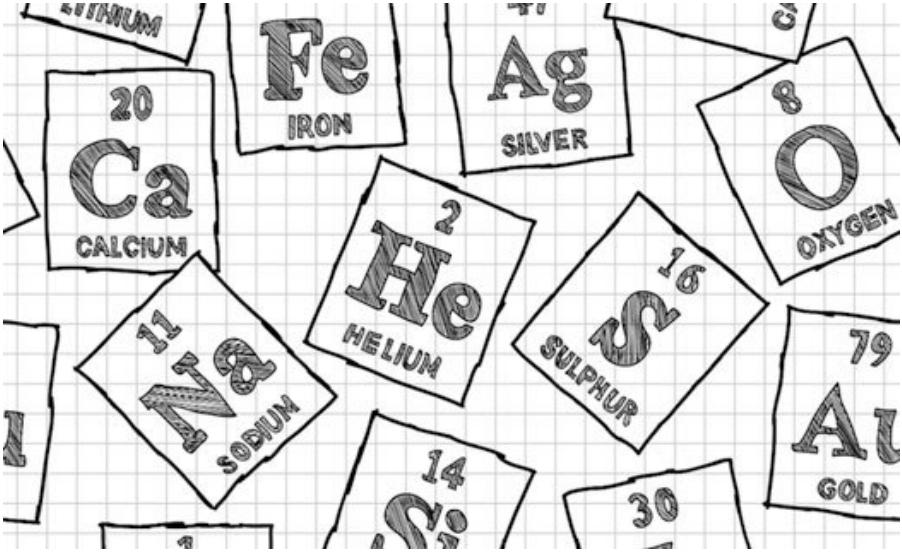
        - Менделевий
        - Нобелий
        - Лоуренсий
    - Заключение
- notes
    - 1
    - 2

# Александр Иванов, Игорь Гордий Химические элементы

© Иванов А. Б., Гордий И. В., текст, 2018
© Чукавин А. А., ил., 2018
© ООО «Издательство АСТ», 2018

* * *

# От авторов




Приветствуем тебя, дорогой читатель! В руках ты держишь книгу, в которой рассказывается о том, из каких химических элементов состоит окружающий нас мир, об их свойствах, о том, по какому принципу они расположены в таблице Менделеева, удивительные истории их открытия и многое другое. Вместе мы погрузимся в прекрасный мир химии и сделаем акценты на самых интересных, самых важных и самых необычных явлениях, с которыми мы можем встретиться при изучении химии.

Нет, это не занудный школьный учебник — гораздо лучше! Эта книга станет для тебя первым серьезным, но при этом легким шагом в мир самой удивительной и прекрасной науки — химии. Ведь она присутствует во всех сферах нашей жизни, а мы об этом даже не задумываемся.

Да, у многих возникают проблемы с химией, но мы постараемся сделать так, чтобы твое путешествие через эту книгу было максимально комфортным и полезным. Для этого мы объясним тебе все термины, с которыми ты можешь встретиться впервые.

Данная книга написана **Александром Ивановым**, создателем и автором проекта «Химия — просто» и **Игорем Гордием** — ответственным за научный контент в социальных сетях проекта «Химия — просто». Мы очень рады, что у нас есть возможность вместе с тобой окунуться в эту восхитительную науку. И не забудь подписаться на наш YouTube-канал, группу вконтакте, а также в

других социальных сетях. В конце книги ты найдёшь QR-коды, с помощью которых ты легко найдешь наши аккаунты:

youtube.com/c/ChemistryEasy
vk.com/chemistryeasyru

Ну все, скорее перелистывай страницу и читай дальше! Книга сама себя не прочтет!

P.S.: а школьный учебник сдай в макулатуру. Береги природу!

# Введение

*«Вся гордость учителя в учениках, в росте посеянных им семян».*

*Д. И. Менделеев*

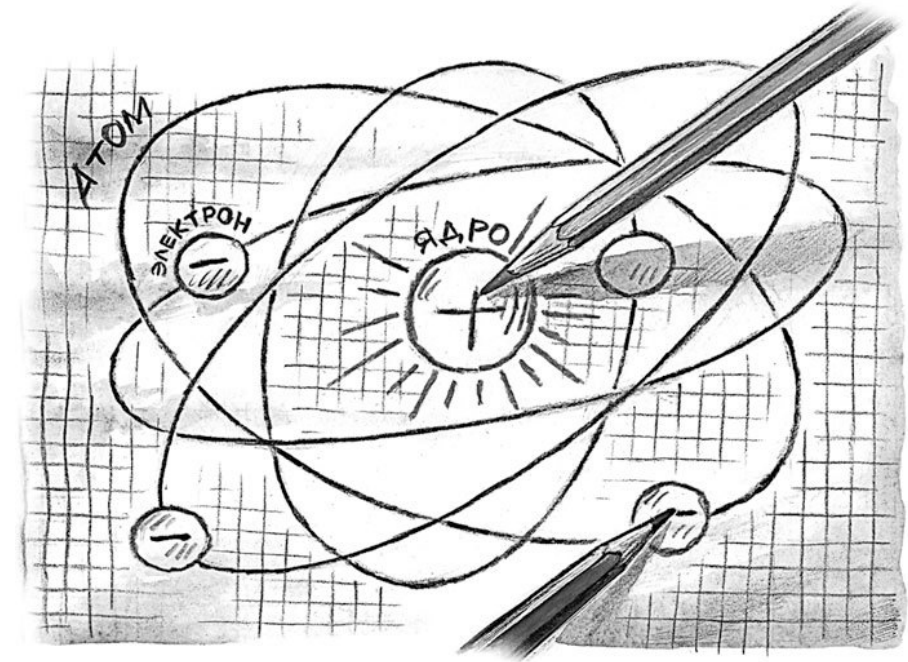
Когда мы говорим о химии, то в первую очередь на ум нам приходит таблица химических элементов Дмитрия Ивановича Менделеева. В 1869 году, в первом ее варианте, она отличалась от ныне существующей. В ней было меньше элементов, так как их было открыто всего 63, а сейчас в таблице содержится 118 элементов. Причем последний из них получил свое название совсем недавно в 2016 году в честь Юрия Цолаковича Оганесяна.

Постепенно наука развивалась, и сам Менделеев модернизировал свое творение. Были открыты инертные газы, и таблица пополнилась новыми элементами. Также Дмитрий Иванович поменял расположение элементов в таблице из столбцов в строчки. Да-да, в самом первом варианте химические элементы располагались по столбцам, а не по строчкам, как мы привыкли.

Элементы в таблице располагались в порядке увеличения их массы. Водород — самый легкий, значит, он стоит в начале, за ним идут все остальные более тяжелые элементы. Если взглянуть в старую таблицу и в новую, то можно заметить принципиальное отличие, которым пользуются современные лжеученые. В старой таблице инертные газы стоят в первой колонке (химики называют колонки — группами), а в новой — в последней. Логика была проста: это же газы, значит, они должны быть легче остальных. Вроде бы логично, но нет. По этой логике все элементы в самом начале таблицы должны быть газами, так как они самые легкие. Например, газообразными должны быть как минимум литий, бериллий, бор, углерод. Но это неверно: они твердые при обычных условиях, а вот следующие за ними азот, кислород, фтор и неон — газообразные. Чувствуете, что что-то здесь не так?!

На самом деле, логика расположения элементов в таблице была не совсем правильной. Но при этом, волею случая, она совпала с современным принципом расположения элементов в таблице. Тем, кто хочет подробно разобраться в данном вопросе, советую открыть YouTube-канал «Химия — Просто» и посмотреть видео «Урок 1» и «Как пользоваться таблицей Менделеева». В них

мы досконально разобрали принцип построения таблицы.




Однако вкратце все равно ответим на возникшие вопросы. Раньше элементы в таблице располагались в порядке увеличения их массы. Но тогда не знали, как устроен атом. Обратите внимание, что он состоит из ядра и электронов. Ядро в свою очередь состоит из протонов и нейтронов.

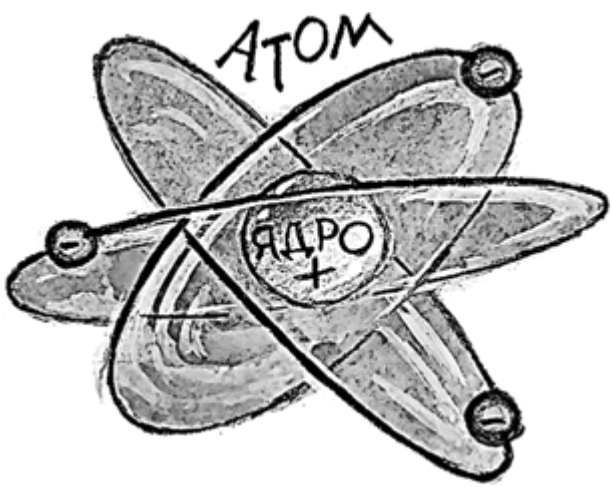
В современной таблице элементы расположены в порядке увеличения количества протонов в ядре атома. Поясним: в ядре любого атома водорода всегда один протон. В ядре атома гелия всегда два протона. Возьмем любой другой элемент, например полоний, в его ядре 84 протона. Порядковый номер элемента равен количеству протонов в ядре этого элемента. Все просто! Поэтому все инертные газы отправились в последнюю колонку, то есть группу. Так как оказалось, что, например, у аргона в ядре восемнадцать протонов, а у хлора семнадцать протонов, значит, аргон должен находиться в таблице после хлора.

Поздравляю, вы только что прошли полгода школьного курса за 8 класс. Можете собой гордиться!

В следующие полгода школьной химии нам обычно рассказывают, что какие-то там элементы имеют похожие свойства, что еще сам Дмитрий Иванович, зная свойства одних элементов, предсказывал свойства других. Обычно в такие моменты у всех возникает вопрос: «Как он это делал? Он что,

экстрасенс?»

На самом деле все просто! Иначе бы не было такого проекта, как «Химия — Просто». Как мы уже сказали выше, в атоме, кроме ядра, еще есть электроны. Их количество равно количеству протонов в ядре и порядковому номеру элемента в таблице. Где же они находятся? На самом деле эти самые электроны до сих пор никто не видел и это плод буйной фантазии ученых. Так существуют ли они на самом деле?! Давайте посмотрим вокруг себя. У нас есть мобильные телефоны, компьютеры, мы ездим на машинах, чистим воду фильтрами, летаем на самолетах, а особо удачливые вообще в космос летают. Для всего это необходимы различные материалы, которые создали химики. Не могли же они так ошибаться и создать столько всего, чем мы каждый день пользуемся и все это работает?! Конечно не могли. Поэтому считается, что электроны вращаются где-то вокруг ядра атома. Конечно, ты сам можешь стать ученым и все перепроверить или посвятить свою жизнь тому, чтобы сделать фотографию электрона. Или наоборот доказать, что все ошибались. Это точно будет величайшим достижением человечества, а ты будешь его автором.




На этом моменте, конечно, нужно упомянуть про теорию вероятности, но мы же не изверги, чтобы напрягать ваш мозг таким материалом. Мы здесь собрались получать удовольствие от изучения науки в легкой форме. Это потом в ВУЗах преподаватели вам будут читать сложные лекции, а мы — не они. Однако отметим, что электрон может находиться где угодно. Он может находиться бесконечно далеко от ядра атома или, наоборот, бесконечно близко к ядру, но вероятность такого нахождения электрона бесконечно мала. То есть электроны

находятся на какой-то стационарной «орбите» над ядром, как космические спутники. Можно даже привести в пример Луну. Она же тоже находится на определенном расстоянии от Земли. Не улетает и не падает на Землю. Так и электроны.

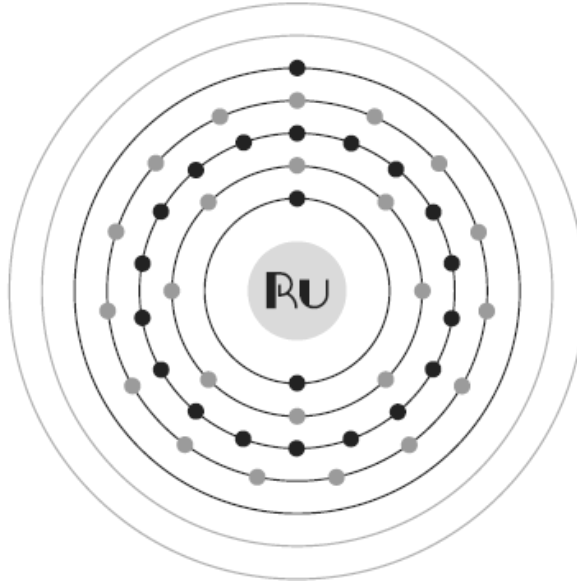
Правда говоря, природа сил, которые удерживают Луну и Землю вместе, отличаются от тех, что удерживают электрон рядом с ядром. В первом случае мы имеем дело с гравитацией (она создается за счет масс), во втором случае — с притяжением противоположных зарядов (электрон заряжен отрицательно, а протон положительно).

А теперь давайте возьмем какой-нибудь элемент с большим количеством электронов. В таком атоме электронам сложно «летать» на одной и той же «орбите». Поэтому они находятся на разных «орбитах». Только в химии их называют орбитали. И как показывают математические расчеты, формы этих орбиталей разные. Существуют s, p, d, f — орбитали. Только не спрашивайте почему не а, б, в, г, д. Все они имеют разные формы. Опять же, это рассчитали математики. Боюсь, что в школе или в ВУЗе вы часто говорили что-то типа: «эти синусы/косинусы/интегралы/роторы/дивергенции/… мне в жизни не пригодятся», поэтому вы не сможете проверить вычисления этих самых ученых-математиков и придется поверить им на слово.

Электроны располагаются на разных орбиталях. И чем больше электронов, тем больше орбиталей они занимают. Отметим, что через какое-то время, эти орбитали начинают повторяться. Например, первая орбиталь — s. Затем идет вторая орбиталь и она тоже s. Третья орбиталь уже p. Четвертая снова s и так далее. Далее появляются d и f орбитали. Их порядок можно посмотреть в таблице Менделеева. На заметку: на s-орбтитали помещается только 2 электрона, на p-орбитали помещается 6 электронов, на d-орбитали помещается 10 электронов, а на f-орбитали 14 электронов.

Электронная конфигурация

[KR] - $4D7^{7}$ $5S^{1}$

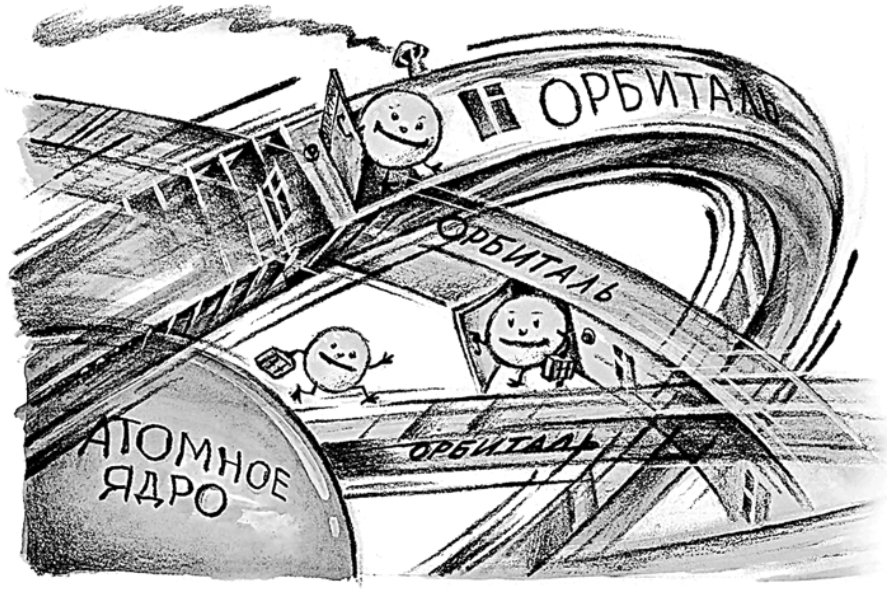



Как мы уже отметили, электроны занимают разные орбитали на столько, на сколько их хватает. При этом через какое-то время орбитали повторяются. И если у двух атомов разных элементов их последние орбитали похожи, то есть они одинаковы и имеют одинаковое количество электронов, то и их свойства похожи. Например, возьмем литий, натрий, калий, рубидий, цезий, франций. Как вы видите, все они располагаются друг под другом. При этом их самый последний электрон находится на s-уровне. Причем на этом самом s-уровне находится всего лишь 1 электрон. Свойства этих элементов очень схожи. Их еще называют щелочными металлами.

А теперь самая хорошая новость для лентяев, изучающих химию: все элементы таблицы Менделеева можно разбить на такие группы со схожими свойствами. Поэтому учить или зубрить свойства каждого элемента в отдельности не надо!

В данной книге мы не будем разбирать каждый элемент в отдельности. Мы расскажем про группы элементов со схожими свойствами и про самые интересные элементы в этих группах.

А теперь, когда мы стали гораздо умнее, давайте пользоваться нашими мозгами и получать от этого неимоверное удовольствие! Перелистывай страницу, и начнем погружение в этот дивный мир элементов!


ОРБИТАЛЬ
ОРБИТАЛЬ
ОРБИТАЛЬ
АТОМНОЕ ЯДРО

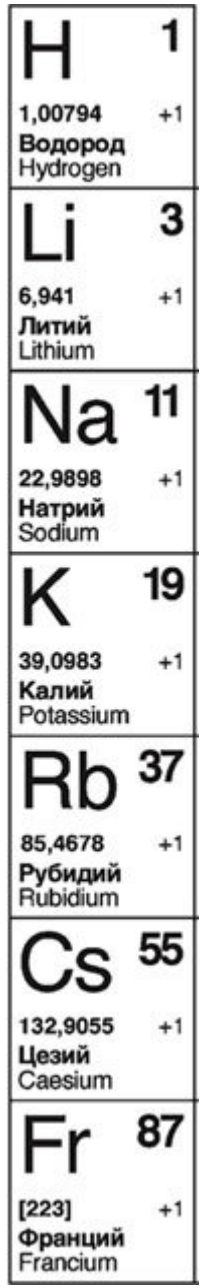
# Щелочные металлы

Со школы мы не раз сталкивались с термином «щелочные металлы». Многим понятно только второе слово «металлы». Но что значит «щелочные»? Это какие-то особые металлы? Они обладают какими-то уникальными свойствами? Давайте вместе разбираться.

Обратимся к нашему вечному спутнику и соратнику в изучении химии — Периодической системе химических элементов Д. И. Менделеева. Найдите в ней первую колонку (химики именуют ее группой), в ней располагаются **H, Li, Na, K, Rb, Cs, Fr.** И здесь незадачливого ученика подстерегает опасность: водород не является металлом, в то время как все остальные элементы составляют группу щелочных металлов.

Почему же водород не относится к щелочным металлам? Для всех элементов этой группы характерно то, что они с легкостью отдают свой последний (валентный) электрон. А водород не такой. Он отдает его гораздо хуже, то есть с большими затратами энергии. Еще надо постараться, чтобы отобрать у него единственный электрон.

Если мы сравним физические свойства всех элементов из первой группы, то увидим, что водород — газ при нормальных условиях, а все остальные — твердые тела. Кстати, среди химиков до сих пор существует спор о том, к какой группе отнести водород: к I группе или же VII, где расположены фтор, хлор, бром, йод и астат. Но как вы заметили, элемент под номером 1 все-таки гораздо чаще относят к первой группе.



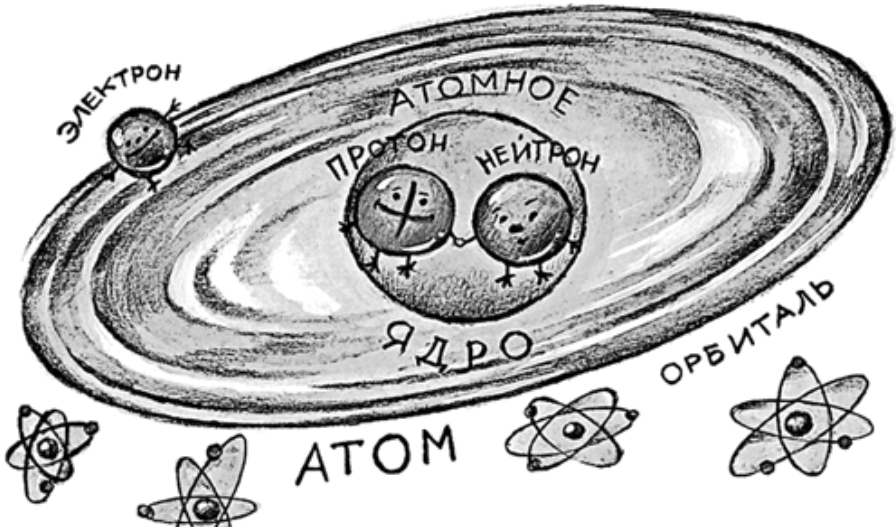

И все же почему эту группу называют щелочными металлами? Дело в том, что при соприкосновении с водой эти металлы образуют щелочи, попутно выделяется водород. Стоит отметить, что эта реакция происходит очень бурно, с образованием большого количества тепла. Небольшие количества лития, натрия и калия горят на поверхности воды, большие же просто взрываются. Любое количество рубидия и цезия ждет

такая же участь. Поэтому, если вы вдруг увидите горящий щелочной металл, не тушите его ни в коем случае водой, иначе пламя будет еще ярче. Во времена СССР дети в школах взрывали туалеты, бросая в них металлический калий, правда, для многих это оборачивалось не только срывом контрольной работы, но и тяжелыми химическими ожогами.

***Любознательным на заметку:***

Энергия, требуемая на отрыв электрона от атома, называется «энергией ионизации».

## Я помню, как все начиналось…




Люди знакомы с соединениями этих металлов еще с давних времен, историки находят упоминания соды в трудах Аристотеля и даже в Ветхом завете! Выделить в свободном виде их удалось лишь полторы тысячи лет спустя, когда Гемфри Деви в 1807 году проводил электролиз гидроксидов калия (KOH) и натрия (NaOH) в платиновой чашке. Уже через десять лет, после блестящих опытов Деви, талантливый ученик Берцелиуса — Арфведсон открыл самый легкий металл — литий. Однако чистый литий был выделен Бунзеном и Матиссеном значительно позднее, в 1855 году, во время проведения электролиза расплавленного хлорида лития (LiCl). Спустя еще восемь лет Бунзен выделил свободный рубидий.

На этом поиск новых щелочных металлов не закончился, и в 1882 году Саттерберг получил чистый цезий при помощи электролиза его цианида (CsCN). Сам опыт был крайне опасен, так как при его проведении летит очень токсичный газ — дициан $(CN)_2$. Кроме того, от ученого требовалась крайняя аккуратность, ведь цезий является самым активным металлом из известных человечеству, и он моментально реагирует с кислородом воздуха, самовоспламеняясь.

И только лишь в 1939 году удалось открыть элемент, который был предсказан еще Д. И. Менделеевым и назван им эка-цезий. Радиоактивный щелочной металл франций открыла французская ученая Перей, исследуя распад актиния. Так в 1946 году элемент был назван в честь Родины его первооткрывательницы.

История показывает, что много ученых-химиков на протяжении почти 150 лет работали над получением элементов, входящих в I группу ПСХЭ и названных «щелочными металлами».

ПСХЭ — под этой страшной аббревиатурой прячется название таблицы Менделеева и расшифровывается как Периодическая Система Химических Элементов.

# По одному электрону, или Чем они похожи?

Выделив элементы, ученые начинали исследовать их химические свойства. В науке существует два основных метода познания: наблюдение и эксперимент. Проводя эксперименты с щелочными металлами, ученые наблюдали похожие свойства. Например, все они бурно реагируют с водой, при этом выделяется водород.

Химические свойства зависят от большого количества факторов, одним из которых является строение атома. Все щелочные металлы имеют на внешнем энергетическом уровне 1 электрон, занимающий *s*-орбиталь. Это приводит к тому, что они имеют одинаковую валентность.

# Литий. Самый легкий

Литий — это самый легкий металл во Вселенной. При этом литий составляет всего лишь $3{,}2 \times 10^{-3}$ % массы земной коры. Кстати, в металлическом виде в природе он не встречается из-за высокой химической активности, впрочем, как и все щелочные металлы. Важнейшими минералами, в состав которых входит литий, являются сподумен ($Li_2O \times Al_2O_3 \times 4SiO_2$) и амблигонит ($LiAlPO_4F$).

С момента открытия литий стал играть важную роль в самых различных отраслях промышленности, техники и науки. Из него изготавливают электроды химических источников тока с твердым электролитом. Литий используют в качестве горючего вещества в современном твердом ракетном топливе. Более того, литий входит в состав непревзойденных по прочности стекол. Также смесь изотопов[1] лития нашла применение в термоядерной энергетике, в качестве топлива для управляемого термоядерного синтеза, но пока только лишь в масштабах лаборатории. В промышленных же масштабах это еще предстоит осуществить инженерам и ученым. Важную роль играют соли и сплавы, в состав которых входит этот металл. Так, сплавы лития с золотом и серебром используются в качестве припо-ев — материалов, используемых при пайке для соединения частей в единое целое. Такие сплавы имеют повышенную пластичность и прочность.

У каждого из нас в кармане лежит сотовый телефон, который работает за счет литий-ионного аккумулятора. Ионы лития в нем переносят электрический заряд. Естественно, в аккумуляторах литий находится в виде соединений, а не в чистом виде.

Нитрат лития ($LiNO_3$) добавляют в различные

пиротехнические составы (салюты) для окрашивания пламени в красный цвет.

***Несколько интересных фактов:***

— Литий настолько мягкий, что резать его несложно даже ножом.

— В составе различных химических соединений, а также в виде катиона $Li^+$ литий находится в организме человека. Его необходимая суточная норма составляет примерно 2500 мкг для взрослых.

— В организме человека содержится в среднем 70 мг лития.

— В среднем металлический литий стоит 3500 р/кг.

— Во время Второй мировой войны применяли гидрид лития (LiH) в качестве портативного легкого источника водорода. Эти таблетки под действием воды быстро разлагались, наполняя водородом в случае необходимости аэростаты и спасательное снаряжение при кораблекрушении.

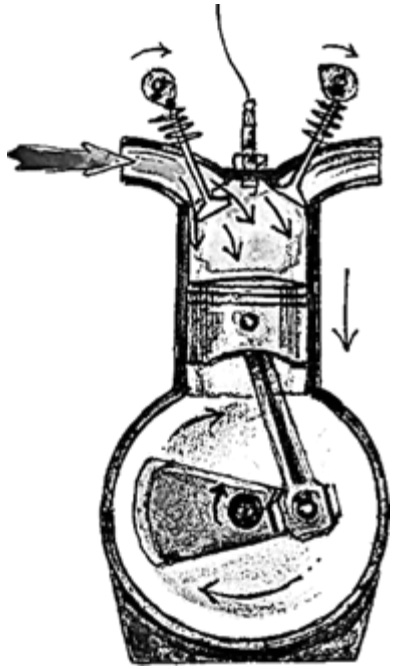
Реакция: $LiH + H_2O \rightarrow LiOH + H_2$

# Натрий. Металл желтого огня

Со школы, а некоторые из интернета, знают, что натрий окрашивает пламя в желтый цвет. Так как он широко распространен на нашей планете и составляет 2,5 % массы земной коры, его относят к очень распространенным элементам. Так же, как и лития, самородного натрия не существует, поэтому все запасы натрия находятся в различных его соединениях, например, в натриевом полевом шпате, чей химический состав отвечает формуле $Na_2O \times Al_2O_3 \times 6SiO_2$. Также большое количество поваренной соли (NaCl) растворено в морской воде, другая же ее часть залегает под землей, иногда пласты соли NaCl превышают в толщину километр!

Соединения натрия мы встречаем многократно каждый день. Мы живем в домах, фундамент которых содержит силикат натрия $Na_2SiO_3$, моем руки мылом и зачастую не знаем, что оно состоит из стеарата натрия $C_{17}H_{35}COONa$. Любая хозяйственная девушка хоть раз в жизни гасила уксус содой, составу которой отвечает формула $NaHCO_3$. Будем удивлены, если учитель в школе не начинал один из уроков, рассказывая про состав поваренной соли — NaCl.

Среди щелочных металлов натрий — самый используемый. Его применяют во множестве процессов, начиная от катализа (ускорения химических реакций) на производствах, заканчивая ядерными реакторами и энергосберегающими лампами. Однако обо всем по порядку.



Еще в 1860 году французский ученый **Э. Ленуар** разработал первый двигатель внутреннего сгорания (ДВС). Мы им пользуемся и по сей день, естественно, с различными модификациями. В ДВС происходит сжигание топлива, этот процесс может происходить слишком быстро, то есть, со взрывом. Чтобы это предотвратить, используют ингибитор — вещество, замедляющее скорость химической реакции.

К ингибиторам сгорания топлива относится тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$, который производят с использованием сплава натрия и свинца.

Как уже было отмечено ранее, из-за своей высокой химической активности натрий может вытеснять другие металлы (менее активные) из их соединений (солей и оксидов). Используя это свойство, металлурги получают большое количество чистых металлов. Этот процесс в общем случае называется металлотермией. Но так как здесь применяется натрий, то металлурги называют его натрийтермией.

Раньше титан, имеющий широчайшее практическое применение, получали из его хлорида, замещая на натрий по реакции:

$$TiCl_4 + 4Na \rightarrow Ti + 4NaCl$$

Сплавы натрия с калием применяются в атомной энергетике, более подробно об этом мы расскажем чуть позже.

***Несколько интересных фактов:***

— Натрий под давлением в 194 гПа становится прозрачным, а также теряет способность проводить электрический ток, становясь диэлектриком.

— Работы с натрием следует производить в защитных перчатках, так как он может прореагировать с водой на поверхности кожи с образованием едкой щелочи NaOH. А она оставляет сильные химические ожоги на коже.

— Пары натрия можно было бы использовать в качестве дешевых и эффективных ламп, но желтый свет, излучаемый такими лампами придает коже человека неестественный цвет.

— Натрий значительно дешевле по сравнению с другими щелочными металлами. 1 кг натрия в среднем стоит 1500 рублей, что в 2,3 раза меньше стоимости лития.

— Группа российского ученого А. Р. Оганова обнаружила под очень высоким давлением удивительные, с точки зрения классической химии, соединения натрия и хлора: $NaCl_7$, $NaCl_3$, $Na_3Cl_2$, $Na_2Cl$ и $Na_3Cl$.

# Калий. Мягкий металл

Следующий элемент — калий. Он нашел свое применение в виде сплава с натрием. Такой сплав калия и натрия используют в качестве теплоносителя на атомных станциях. Обладая высокой температурой кипения (600–700 ˚C), этот сплав отводит тепло от атомного реактора и передает его паронагревателю, чтобы привести в движение турбину. Калий-натриевый сплав лучше воды, так как имеет более высокую температуру кипения, не вызывает коррозию труб, по которым течет. Коррозией называют разрушение сплава из-за контакта с различными химическими веществами. Например, ржавчина — продукт коррозии железа, которая вызвана контактом с водой и кислородом.

Калий широко применяется как в чистом виде, так и в виде соединений. Например, бромид калия (Kbr) используют в медицине в качестве успокоительного. С его помощью также можно обнаружить пары хлора в атмосфере. Бумажка, смоченная бесцветным раствором бромида калия, при взаимодействии с хлором коричневеет. Говоря научным языком, хлор замещает бром в его соединении с калием.

Карбонатом, хлоридом и нитратом калия ($K_2CO_3$, KCl, $KNO_3$ соответственно) удобряют землю, ведь калий — важнейший биогенный элемент. Биогенными называют те элементы, которые постоянно входят в состав живых организмов и выполняют в них какую-то конкретную функцию. А вот нитрат калия $KNO_3$ использовался не только в мирных целях: он является важнейшей составляющей черного пороха. Перманганат калия $KMnO_4$ применяется для дезинфицирования ран. Особую роль ионы калия играют в организме человека, принимая непосредственное участие в проведении нервного импульса, поддержании кислотно-щелочного баланса.

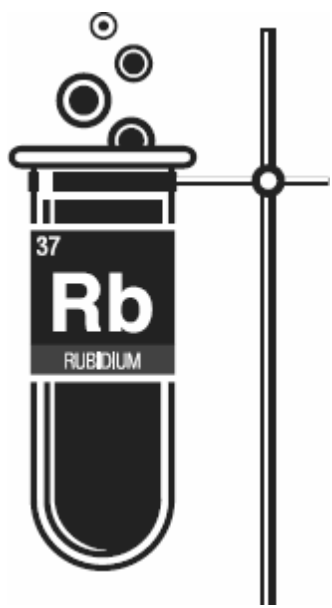
Калий составляет примерно 2,5 % массы земной коры. Как и натрий, встречается в составе различных минералов, например, ортоклаза $K_2O \times Al_2O_3 \times 6SiO_2$, также большое количество калия растворено в морской воде.

# Рубидий. Усыпляющий и обезболивающий

В отличие от лития, натрия и калия, которые хранят в железных тарах под слоем керосина, рубидий хранится в стеклянных запаянных ампулах, внутри которых инертная атмосфера или же вакуум. Связано это с тем, что рубидий более активный.

Рубидия в земной коре значительно больше чем лития, однако в разы меньше чем калия или натрия. Так Rb составляет $1{,}5 \times 10^{-2}$ % массы земной коры. Кроме того, рубидий, в отличие от предыдущих рассмотренных нами металлов, относится к рассеянным. Нет, рубидий не страдает человеческими заболеваниями. Это означает, что рубидий практически не встречается в виде самостоятельных минералов или концентрированных залежей, а является всего лишь примесью в различных минералах других более распространенных элементов (рубидий — спутник калиевых минералов).

Рубидий и его соединения нашли применение как в медицине и оптических приборах, так и в катализе. Например, ацетат рубидия $CH_3COORb$ используется для изготовления метанола ($CH_3OH$) и высших спиртов — органических соединений, которые содержат от 6 до 22 атомов углерода и одну гидроксильную группу — OH.




В организме человека рубидий находится в виде катионов Rb

$^{+}$, которые выполняют роль антиоксидантов, уничтожая свободные радикалы. В химии свободными радикалами называют те соединения, которые имеют неспаренные электроны. Кроме того, этот щелочной металл борется с окислителями — соединениями, склонными отбирать электроны у других. Типичными окислителями в быту являются марганцовка и перекись водорода ($H_2O_2$). Врачи же прописывают пациентам препараты, содержащие рубидий, в качестве снотворных и болеутоляющих.

Также различные соли рубидия, например, RbF выполняют роль электролитов в топливных элементах. Электролитами химики называют те соединения, которые способны в воде распадаться (по-научному диссоциировать) на положительные и отрицательные частицы (ионы). Раствор электролитов проводит электрический ток, то есть в нем происходит движение заряженных частиц к положительному и отрицательному полюсам в зависимости от заряда частиц. Пары рубидия используют в сверхточных атомных часах.

Надо сказать, стоит этот металл очень дорого — примерно 400 тыс. рублей за килограмм.

# Франций. Элемент, который никто не видел

Франций интересен по нескольким причинам: его никто и никогда не видел, и скорее всего не увидит; это самый тяжелый и самый активный щелочной металл; его можно считать самым неустойчивым из первых ста элементов таблицы Менделеева. Самый долгоживущий изотоп франция $^{223}Fr$ имеет период полураспада[2] 22 минуты. Эти свойства, сочетающиеся в одном элементе, создали трудности в открытии этого элемента и изучении его свойств.

Открыла франций ученица Марии Склодовской-Кюри — француженка **Маргарита Перей** 9 января 1939 года. Но путь открытия был не прост. Существование данного элемента предсказал еще сам Д. И. Менделеев. Основываясь на свойствах других щелочных металлов, он предсказал свойства франция, например, что этот элемент будет сильнее, чем цезий, реагировать с водой и при комнатной температуре будет жидким. В то время он дал францию название экацезий.

Так как франций очень реакционноактивный, то на земле он может встречаться в виде каких-то соединений, а не в чистом виде. Причем растворимость солей франция выше, чем у солей других щелочных металлов, так как при переходе от лития к цезию растворимость солей возрастает.

На основе этих предположений ученые делали многочисленные попытки найти данный элемент. Где в мире встречаются соли щелочных металлов? Правильно — в морях, они соленые. Моря полны солей щелочных металлов. А в каком море больше всего этих солей? Правильно — в мертвом море. Поэтому, ученые, занятые поисками франция, совершали экспедиции на мертвое море. Ведь если его и можно было где-то найти в природе, то именно там. Однако исследования не давали положительного результата и ученые не могли найти новый

элемент.

Так бы этот элемент остался неизвестным, если бы ученые не открыли явление радиоактивности, о котором мы поговорим позже.

Маргарита Перей занималась изучением цепочки распада актиния. В какой-то момент своих исследований она получила раствор, который должен был содержать соли щелочных металлов и не быть не радиоактивным. Проведя мысленный анализ полученных данных и сравнение со всеми известными радиоактивными изотопами других элементов, она пришла к выводу, что обнаружила какой-то радиоактивный изотоп щелочного металла. А так как исходным был актиний — тяжелый элемент, то полученный изотоп принадлежал тяжелому щелочному металлу. И это был явно не цезий. Открытый элемент сначала был назван «Актиний-К», а затем переименован в честь своей родины во франций.

Открыть открыли, теперь необходимо изучить физические и химические свойства. Как это сделать, ведь в чистом виде элемент не был получен? Основные исследования свойств франция проводились на бумаге. На основе закона о радиоактивном равновесии было посчитано, что на всей земле всего 500 граммов $^{223}Fr$.

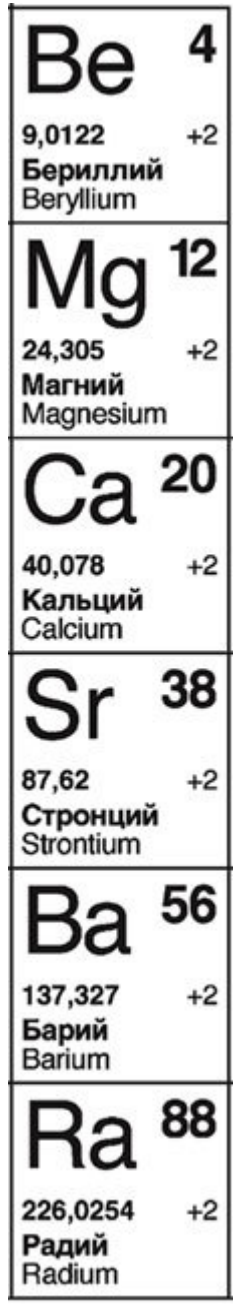
Надеяться на то, что франций получит широкое применение, не стоит. Но все же, польза от него есть. Проводились опыты на крысах по изучению поведения франция в организме. Было установлено, что он избирательно накапливается в опухолях, причем и на ранних стадиях заболевания. Эти результаты очень интересны в онкологической практике, как метод раннего диагностирования образования опухолей.

# Щелочноземельные металлы

Разобравшись с группой щелочных металлов, можно приступить к рассмотрению соседней с ними группы. В нее входят такие элементы как: **бериллий, магний, кальций, стронций, барий, радий.** По химическим свойствам они похожи на своих соседей, однако проявляют валентность II. Их способность отдавать электроны (по-научному быть восстановителями) меньше, чем у щелочных «собратьев». Причины различий и сходств, происхождение названия, интересные факты об этих элементах и многое другое вы сможете найти ниже.

Начнем с происхождения названия. Если в случае щелочных металлов все было ясно, то тут мы имеем второй корень, указывающий на принадлежность к земле. Почему? Дело в том, что во времена алхимиков термин «земля» обозначал оксид какого-либо элемента. Например, оксид кальция CaO был бы кальциевой землей. При реакции оксидов щелочноземельных металлов с водой, образуется щелочь, отсюда и название.

Металлы, входящие в эту группу, достаточно сильно отличаются внешне. Так, бериллий и магний блестят на воздухе, в то время как кальций, стронций и барий не блестят. На то есть веская причина — химическая активность, которая у последних перечисленных металлов этой группы выше. Интересно, что по физическим свойствам щелочноземельные металлы сильно отличаются от щелочных: твердость бария сравнима с этим показателем у свинца, бериллий обладает твердостью стали (сплава железа и углерода).

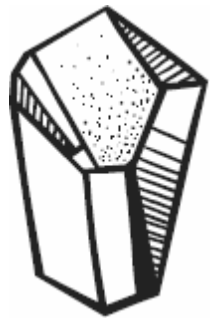



Особого внимания заслуживает электронная оболочка. Все описываемые элементы обладают заполненной s-орбиталью, то есть на ней располагаются 2 электрона. Химики обозначают это в общем виде, как $ns^2$. Буквой n обозначается энергетический уровень или же по-простому период. Вместо n для каждого конкретного металла группы будет стоять число,

соответствующее периоду, в котором стоит элемент. Если не знаете, что такое период, то просто посчитайте номер строчки, в которой находится этот элемент. Это и есть n. На самом деле эти понятия не равнозначны, но в этом случае для упрощения такое допущение возможно. Буква s, как вы уже догадались, обозначает орбиталь. Число вверху говорит нам о количестве электронов на этой орбитали.

# Бериллий. О ком поет «Сплин»

Возможно, среди читателей найдутся поклонники этой отечественной рок-группы. Они уже догадались, о каком элементе пойдет речь на этот раз. Для тех, кому этот музыкальный жанр не близок, поясним: мы говорим о бериллии.



Все мы хорошо знакомы с красивейшими минералами: изумрудом, аквамарином, бериллом и т. д. А знали ли вы, что они все имеют в своем составе бериллий? И люди, жившие больше полутора тысяч лет назад, не подозревали, какому элементу эти минералы обязаны своей красотой. Лишь в конце XVIII века талантливый ученый Гаюи обратил внимание на то, что кристаллические структуры берилла и смарагда (устаревшее название изумруда) обладают заметным сходством. Немного позднее этим фактом заинтересовался Вокелен, который смог выделить из обоих минералов одинаковый оксид, отличный от всех тех, что были на тот момент известны. Экспериментируя с новым оксидом, ученый переводил его в различные соли. Некоторые соли нового элемента обладали сладким вкусом, поэтому новый элемент был назван глюцинием. Спустя какое-то время глюциний переименовали в бериллий, так как не только его соли были сладкими. Особого внимания заслуживает тот факт, что ранее химики очень часто не соблюдали технику безопасности, пробуя на вкус различные вещества. Поэтому ожоги ротовой полости и отравления были достаточно обычной частью жизни химика того времени. Слава богу, эти времена остались позади…

Основным достоинством этого металла является его легкость. Также отметим его сравнительно высокую устойчивость к коррозии, достаточно высокую температуру плавления и твердость. Главным образом эти свойства стали причиной использования этого металла в авиационной и космической промышленностях. К сожалению, большим препятствием на пути широкого использования этого металла является токсичность его соединений. А теперь вспомните, что ученые пробовали эти соединения на вкус!

Из оксида бериллия BeO изготавливают огнеупорные материалы. Нельзя не отметить важность металла под номером 4 для атомной энергетики: бериллий считается одним из лучших металлов для отражения и замедления нейтронов в атомных реакторах. И в этом случае токсичность металла не играет большой роли, ведь люди не имеют с ним контакта.

Содержание бериллия в земной коре достаточно мало ($6 \times 10^{-4}$ %), поэтому этот металл по праву называют редким. Самым распространенным минералом бериллия, очевидно, является берилл, химический состав которого отвечает формуле $3BeO \times Al_2O_3 \times 6SiO_2$. Часто примесью к этому минералу является $Fe^{3+}$, который придает зеленовато-голубую окраску. Изумруд — самый дорогой минерал после алмаза, есть ничто иное, как берилл с примесями оксида хрома III ($Cr_2O_3$) и оксида ванадия III ($V_2O_3$).

Поговорив о прекрасном и в то же время опасном, перейдем к одному из элементов, без которого жизнь человека была бы невозможна.

# Магний. Гори-гори ясно, чтобы не погасло

Магний. Поистине удивительный металл, о котором можно было бы написать целую книгу. Он сочетает в себе такие важные свойства, как: небольшой вес, прочность, низкая цена и легкость в обработке. Существенным минусом, как может на первый взгляд показаться, является его легкая воспламеняемость, однако и это свойство человек сумел подчинить себе и использовать в своих целях. Зажжем?!

Начнем, пожалуй, с распространенности в природе. На этот металл приходится примерно 2,4 % массы земной коры! Поэтому его можно смело назвать распространенным. Из-за сравнительно высокой химической активности магний в свободном состоянии не встречается, лишь в составе различных минералов. Среди них такие распространенные минералы, как: оливин $2MgO \times SiO_2$, шпинель $MgO \times Al_2O_3$, тальк $3MgO \times 4SiO_2 \times H_2O$. Также большие количества магния растворены в морской воде.

Соединения магния человеку знакомы с незапамятных времен. Первое же научное исследование какого-либо соединения магния было проведено в 1695 году английским химиком Грю. Он выделил из воды карбонат магния $MgCO_3$ и доказал, что подобная соль еще не была известна науке того времени. Лишь в 1808 году великий химик **Гемфри Дэви** провел электролиз этой соли и смог выделить достаточно загрязненный металлический магний.

О многочисленных применениях этого металла поговорим немного позднее. Сейчас же обсудим его «горячие» свойства. Металл горит ослепительно ярким белым пламенем, испуская при этом ультрафиолетовые лучи, которые могут повредить сетчатку глаза. Температура же, которую создает подобная реакция, составляет 2720 °C! Магниевую ленту используют для поджигания различных смесей, например, термита. Термит — смесь оксида железа III ($Fe_2O_3$) и Al, при горении которой выделяется колоссальное количества тепла. С помощью термита до сих пор сваривают рельсы. Вернемся же к магнию. Потушить горящий магний — крайне затруднительная задача. При попытке тушения магния водой выделится водород, который тут же взорвется, поддерживая тем самым горение. Более того, реакция магния и воды крайне экзотермична, то есть в ходе нее выделяется много тепла.

Реакция магния и воды:

$$Mg + 2H_2O \rightarrow Mg(OH)_2 + H_2$$

Тушить магний песком тоже не удастся, так как он реагирует с диоксидом кремния $SiO_2$ — основным компонентом песка. Наконец, углекислый газ, неподдерживающий горение в обычном случае, тоже не подойдет, так как тоже вступает в реакцию с магнием. При этом образуется оксид магния и углерод, который хорошо горит при доступе воздуха и высокой температуре. Так как же тушить горящий магний? Для этого используют специальные составы, например, триметоксибороксол $B(OCH_3)_3$. Это соединение при нагревании переходит в оксид бора $B_2O_3$, которое покрывает пленкой металл и не дает проходить кислороду в зону горения. Тушение пожара — целая наука.

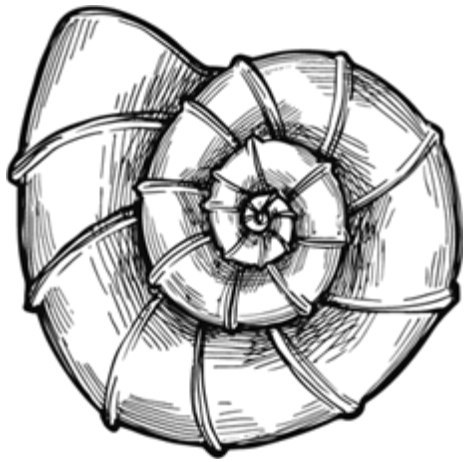
Это свойство магния дало ученым и изобретателям поле для размышлений и новых областей применения. Магний стали использовать в фейерверках, сигнальных ракетах, трассирующих пулях и светошумовых снарядах.

Последние годы ознаменовали быстрый рост изделий из магния или же с его использованием. Например, в автомобильной промышленности магниевые сплавы применяют для изготовления легких и прочных колес. Немаловажны амортизаторы на основе магния, которые понижают нагрузку в десятки раз лучше по сравнению с алюминиевыми амортизаторами. Магний нашел очень широкое применение как в гражданской, так и в военной авиации, благодаря своему незначительному весу. Особого внимания заслуживает использование магния в медицине: это был первый материал, который использовали в качестве имплантатов. Дело в том, что магний имеет схожую плотность с костью человека, а также обладает рядом других важных характеристик.

Нельзя говорить о магнии и при этом не затронуть его биологическую роль. Во-первых, этот металл входит в состав хлорофилла. Этот пигмент придает листьям зеленый цвет и принимает непосредственное участие в процессе фотосинтеза. Без него жизнь была совершенно иной, если бы вообще была. Во-вторых, магний является макроэлементом в нашем организме. Он имеет большое количество функций в таких важных системах, как: нервная система, пищеварительная система, сердечно-сосудистая система. Участвует в обмене веществ и содержится в костной ткани. В организме человека содержится около 25 грамм этого металла.

# Кальций. На асфальте, на доске

Открытием этот металл, как и магний, обязан Гемфри Дэви. Более того, годы открытия, а также способ получения также совпадают — электролиз карбоната кальция $CaCO_3$ в 1808 году.



Кальция в природе на 0,5 % больше, чем магния, поэтому его также относят к распространенным элементам. В свободном состоянии не встречается, зато имеет большое количество минералов. Среди них анортит $CaO \times Al_2O_3 \times 2SiO_2$, волластонит $CaO \times SiO_2$. Морские животные используют соединения кальция для формирования скелета, который после их смерти падает на дно. Так формируются большие залежи карбоната кальция $CaCO_3$. Эта соль известна нам в качестве самых различных материалов: мела, мрамора, жемчуга. Также всем хорошо известный гипс имеет состав $CaSO_4 \times 2H_2O$. Как и магний, кальций находится в морской воде в виде ионов $Ca^{2+}$.

Кальций также относится к макроэлементам и играет важную роль в жизнедеятельности человека. Больше всего этого металла содержится в костях и зубах. Ионы же кальция принимают участие в большом количестве разнообразных процессов в организме: в свертывании крови, мышечном сокращении, секреции гормонов и нейромедиаторов, генерации нервного импульса.

Соединения кальция повсеместно используются человеком. Начиная от школьных мелков, заканчивая гипсом в больнице. Оксид кальция CaO является важным реагентом в химической промышленности. Также он важен для машиностроения и металлургии, поэтому входит в десятку самых производимых веществ в мире. При помощи металлического кальция получают важнейшие металлы для атомной промышленности — торий и уран. Карбонат кальция — компонент цемента, а также сырье для получения CaO и $Ca(OH)_2$. Стекольная промышленность также не может существовать без оксида кальция, ведь стекла на 12 %

состоят из него. Бинарное соединение этого металла с углеродом — карбид кальция $CaC_2$ используют в ходе сварочных работ для получения ацетилена. Это далеко не полный список областей, где этот металл и его соединения играют важную роль.

Гашеная известь $Ca(OH)_2$ потребляется в большом количестве целлюлозно-бумажной промышленностью. Там ее используют для получения гидроксида натрия $NaOH$ из карбоната натрия $Na_2CO_3$. Интересно, что гипохлорит кальция $Ca(ClO)_2$ используется в отбеливающих жидкостях.

# Барий. Страшный яд

Судьба у бария уж больно типична. Историю его открытия может уже предположить теперь любой читатель. Однако все же поясним: в 1774 году Карл Шееле и Готлиб Ган исследовали один из самых тяжелых минералов — тяжелый шпат. Им удалось выделить из этого минерала оксид неизвестного металла. Это был оксид бария BaO. Лишь в 1808 году уже знакомый нам Г. Дэви при помощи электролиза выделяет чистый металл. Ничего нового. Все просто!

Барий, как и стронций, относится к мало распространенным элементам и составляет лишь $5 \times 10^{-2}$% массы земной коры. Собственных минералов не имеет ввиду высокой химической активности, по этому показателю он превосходит все остальные стабильные щелочноземельные металлы. Самыми распространенными минералами бария являются барит ($BaSO_4$), а также витерит ($BaCO_3$).

Высокая химическая активность делает применение чистого металла достаточно сложным и бесполезным занятием. Этот металл используют для удаления газов и серы из сплавов свинца и меди. Особое место в промышленности отводится сплавам бария с никелем: из них производят электроды запальных свечей для двигателей внутреннего сгорания. Они же в свою очередь используются в подавляющем количестве автомобилей. Существует еще несколько примеров использования этого металла, однако их можно пропустить. На очереди соединения элемента под номером 56.

Одним из важнейших соединений бария является его сульфат $BaSO_4$. Он находит самые различные применения, начиная от контрастного вещества для рентгена желудочно-кишечного тракта, до утяжеления банкнот. Нитрат бария $Ba(NO_3)_2$ является неотъемлемым компонентом эмалей. Хромат и манганат бария ($BaCrO_4$ и $BaMnO_4$ соответственно) успешно используют в качестве красящих пигментов. Перхлорат бария $Ba(ClO_4)_2$ является хорошим осушающим агентом, в том время как пероксид $BaO_2$ играет важную роль в производстве перекиси водорода.

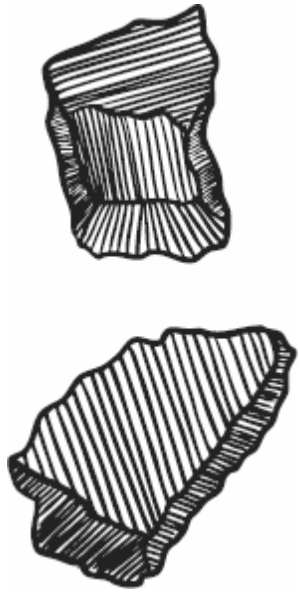
Но не все так радужно. Растворимые соли бария очень токсичны. Катионы бария $Ba^{2+}$ негативно влияют на работу гладкой и сердечной мускулатуры, поэтому отравившиеся чаще всего погибают из-за паралича. Будьте крайне аккуратны при работе с растворимыми солями этого щелочноземельного металла. Если вы стали свидетелем отравления барием, то немедленно вызовите скорую помощь. Пока она на подходе,

следует оказать первую помощь: промывать желудок 1 % раствором сульфата натрия $Na_2SO_4$, поместить ноги пострадавшего в тепло, каждые 5 минут давать по 1 столовой ложке того же раствора для образования нерастворимого сульфата бария. После поить молоком или же слизистыми отварами. Знание химии может однажды спасти вашу или чью-либо жизнь.

# Радий. Триумф Кюри

Радий в отличие от всех остальных щелочноземельных элементов не имеет стабильных изотопов. Еще одним отличием от остальных металлов этой подгруппы является тот факт, что открыт он был не в 1808 году и не Гемфри Дэви. Открытие этого элемента принадлежит, наверное, самой известной супружеской паре — **Пьеру и Марии Складовской Кюри** и **Андре-Луи Дебьерну**. В конце 1898 года ученые сообщили, что в ходе исследования повышенной радиоактивности урановой смолки был выделен радий, который был ответственен эта «лишнее» излучение. Отметим также, что помимо радия, избыточное излучение приходилось на полоний. Стоит подчеркнуть трудолюбие первооткрывателей: они переработали в течение года тонну остатков урановой смолки. В 1910 году был получен металлический радий.

Как читатель уже догадался, радий в природе почти не встречается. Этот металл составляет лишь $10^{-10}$ % массы земной коры. Встречается он в следовых количествах в месторождениях урана, так как является продуктом распада.



Радий почти не находит применения из-за своей высокой радиоактивности, а также ничтожных количеств. Так один из изотопов радия $^{233}Ra$ претерпевает альфа-распад, при этом испуская альфа-частицы. Эту особенность используют для лечения злокачественных опухолей в мочеполовой системе. Важно, что в этом случае рак распространился внутрь костной ткани. Так как радий по химическим свойствам схож с кальцием, который входит в состав костей, этот элемент может проникнуть внутрь кости. Это повышает эффективность терапии. Также на основе радия изготавливали светящиеся краски, которыми покрывали циферблаты часов. Это было сравнительно безопасно, так как альфа-частицы не могут пройти через слой стекла, однако на данный момент более безопасные краски вытеснили радиоактивные.

# Водород. Первый и сам по себе

Данный элемент стоит особняком от всех элементов из-за своих физических свойств. Конечно, если рассматривать строение атома, а точнее его электронную оболочку, то он похож на щелочные металлы. У него также, как у щелочных металлов, внешняя и единственная для него электронная оболочка имеет один электрон на s-орбитали. Сами сравните: H $1s^1$; Li $1s^22s^1$. Но по сравнению с щелочными металлами, стоящими под водородом, его атом очень мал. Да и его ядро содержит всего один протон. В результате этого его свойства сильно отличаются. Да, из-за электронной конфигурации его ставят в одну колонку с щелочными металлами. Но водород нельзя назвать щелочным металлом. И он как бы сам по себе.

В дальнейшем мы увидим, что все элементы имеют аналоги, то есть другие элементы, со схожими свойствами. На этом принципе построена периодическая система элементов. Но у водорода нет аналогов. Он уникален и стоит сам по себе. Если взять любой другой атом любого элемента, то у него сложно отобрать все электроны, да и ядро представляет сложную структуру из протонов и нейтронов. А если у водорода отобрать электрон, то останется только элементарная частица — протон.

Уникальность его свойств определяет внешний вид не только нашего Земного мира, но и всей вселенной. Она на 88,6 % состоит именно из водорода. В результате термоядерной реакции он сгорает в недрах звезд и превращается в атомы гелия. К тому же, вылетающие из звезд в космическое пространство ускоренные протоны называются солнечным ветром. И такой ветерок, скажем мы вам, очень даже смертельный. С ним необходимо считаться при межпланетных или межзвездных перелетах в будущем. А

попадая в земную атмосферу, такой ветер взаимодействует с ее элементами. Благодаря этому мы можем наблюдать северное сияние.

Собственно протон — это катион водорода $H^+$. Если он где-нибудь находит электрон, то становится атомом водорода. Взаимодействуя с атомами кислорода, протоны солнечного ветра образуют молекулы воды, которые дождем выпадают на Землю.

В лабораториях химики получают газообразный водород в аппаратах Киппа при помощи реакции разбавленной серной кислоты $H_2SO_4$ и цинка Zn. Также его получают электролизом дистиллированной воды. В этом случае вода разлагается на водород и кислород. Для улучшения проводимости воды в нее добавляют немного соли.

При работе с водородом необходимо быть крайне осторожным, так как смесь водорода с воздухом в соотношении 2:5 образует гремучую смесь, которая при малейшей искре взрывается.

Водород входит во множество различных химических соединений. Например, в состав кислот: HCl, HF, $H_2SO_4$, $HNO_3$, $H_3PO_4$ и т. д. Если вы внимательно приглядитесь к тому, что общего в этих формулах, то научитесь интуитивно определять, что перед вами формула какой-то кислоты. Также он входит в состав щелочей и гидроксидов: NaOH, KOH, LiOH, $Fe(OH)_3$, $Ca(OH)_2$… Ну и, конечно же, водород входит в состав всем известной воды $H_2O$.

Водород имеет широкое применение и встречается во многих химических соединениях. Чего стоит одна органическая химия, где основу составляют соединения углерода с водородом. Водород используется при производстве аммиака $NH_3$, углеводородов, масел, в качестве ракетного топлива. Также ученые планируют освоить термоядерный синтез для получения дешевой электроэнергии.

***Интересный факт:***

Если водород как следует охладить и приложить очень высокое давление, то он переходит в металлическое состояние. Правда, удалось получить водород в таком состоянии всего на одну микросекунду, то есть на 1 миллионную долю секунды.

# Инертные газы

Чтобы найти в таблице Менделеева элементы, которые называют инертными газами, надо просто посмотреть на самую последнюю колонку. Их еще называют благородными газами. Свое общее название эти элементы получили благодаря своим свойствам: быть инертными и не вступать в химические реакции. То есть не взаимодействовать ни с чем. Они как коты, которые гуляют сами по себе.

Своими свойствами они обязаны тому, что все имеющиеся электронные оболочки полностью заполнены. У них «все есть». Ввязываться во взаимоотношения с другими элементами им абсолютно неинтересно. Поэтому все молекулы инертных газов — одноатомные. Но, все это до тех пор, пока мы говорим про обычные условия. Однако если мы поместим эти элементы в весьма экстремальные условия, то лучше с ними не связываться. В самых жестких условиях эти элементы могут потерять один или несколько внешних электронов. А этого они не любят. Поэтому стремятся снова заполнить свои внешние орбитали, отобрав электроны у всего, что окажется рядом.

Такие условия возможны, например, в индуктивно связанной плазме, где аргон нагревается до 5–6 тысяч градусов цельсия, теряет внешние электроны и образует множество различных химических соединений. Подробнее об этом можно посмотреть в видео «Масс-спектрометр ICP-MS» на нашем YouTube-канале. Что такое индуктивно связанная плазма там тоже рассмотрено.

# Гелий. В честь солнца

Гелий является странным представителем инертных газов. Если все остальные элементы данного семейства имеют электронную конфигурацию $ns^2np^6$, то у гелия только $1s^2$. У гелия нет p-уровня. По электронному строению он больше похож на щелочноземельные металлы, так как те тоже имеют внешнюю орбиталь $ns^2$, где n — это номер периода в таблице Менделеева (номер строчки). Однако по своим свойствам это именно благородный газ, а не металл. Также он не вступает в химические реакции ни с кем. Поэтому ученые отнесли его именно к инертным газам.

Если вы думаете, что водород — самый маленький атом из всех, то ошибаетесь. Самый маленький атом именно у гелия. В его атоме 2 электрона и 2 протона, которые сильнее сжимают размер электронной оболочки. При этом эти электроны крайне трудно оторвать от атома гелия.

Гелий был открыт сначала на Солнце и только через 13 лет на Земле. Причем на Земле гелий образуется благодаря радиоактивному распаду ядер урана. Но об этом позже. Если рассматривать химический состав вселенной, то выяснится, что она на 23 % состоит из гелия, на 76 % из водорода и только 1 % составляют все остальные химические элементы. Звезды, межзвездный газ — это все водород и гелий. Сам же гелий образуется в ядрах звезд в результате термоядерной реакции взаимодействия двух ядер водорода. А энергия, высвободившаяся при этом, излучается звездами в виде света и тепла, которые доходят до Земли от Солнца.

Впервые гелий начали применять в 1915 году в качестве наполнителя дирижаблей, заместив взрывоопасный водород. Далее он нашел свое применение в тяжелой промышленности и

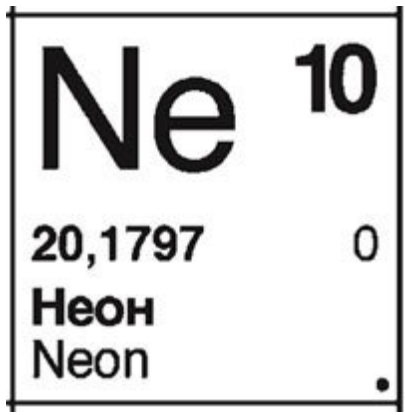
металлургии. Многие операции нельзя проводить на открытом воздухе, так как в нем есть кислород и азот, с которыми могут взаимодействовать получаемые вещества. А гелий — инертен. Поэтому, если заменить воздушную атмосферу на гелиевую при таком производстве, то качество получаемой продукции резко возрастет.

Всем нам известно, что глубоководники сталкиваются с проблемой кесонной болезни, в результате которой при резком всплытии азот в крови кипит и закупоривает кровеносные сосуды. Это происходит из-за того, что азот хорошо растворим в жидкостях. Если в атмосфере, которой дышат аквалангисты, азот заменить на гелий, то можно решить эту проблему, так как гелий не растворим в жидкостях. И таким «воздухом» на основе гелия можно безопасно дышать. Также гелий применяется в хорошо известных нам целях — воздушные шарики наполняют гелием.

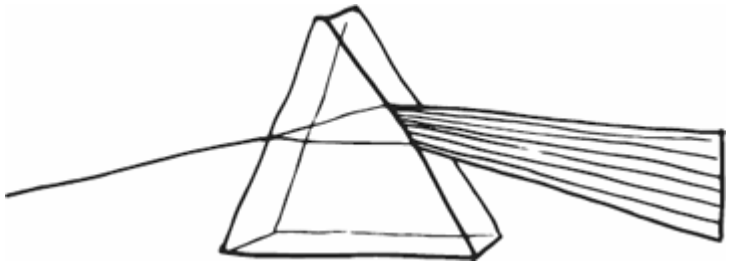
Твердый гелий невозможно получить, просто охлаждая его. Даже при температуре, близкой к абсолютному нулю, гелий остается жидким. Причем в жидком состоянии он обладает сверхтекучестью. Он может вытекать через трубочки самого маленького диаметра. Чтобы все-таки получить твердый гелий, необходимо жидкий гелий поместить под очень высокое давление.

# Неон. Новый

В 1898 году данный газ был открыт англичанином **Уильямом Рамзаем**. К этому моменту были известны только гелий и аргон. Он сжижал воздух, а затем медленно испарял из него фракции веществ, имевших разные температуры кипения. И снова их собирал, но уже по отдельности. Далее Рамзай исследовал их методом спектрального анализа. Он помещал газ в стеклянную трубку и подавал на него электрический ток. Газ начинал светиться. При этом записывались спектральные линии.




Здесь стоит пояснить, что такое спектр, и что из себя представляют спектральные линии. Давайте вспомним знакомую с детства радугу. Она в своем составе имеет весь спектр цветов. Если свет рассматривать, как набор волн, каждая из которых имеет свою длину, измеряемую в нанометрах, то радуга — это набор таких волн. Если с помощью призмы разложить свет, излучаемый каким-то предметом или атомом, то мы сможем увидеть отдельные линии с конкретными длинами волн. В каждом отдельном случае получается свой набор линий. Радуга имеет полный спектр. А вот другие свечения имеют только определенный набор линий, которые называются спектральными линиями. И для каждого атома, если заставить его светиться, излучает свой набор волн, образующих индивидуальный спектр. По этим индивидуальным спектрам, как по отпечаткам пальцев, можно определить, что за атом или вещество находится перед нами.



Трубка с неоном светилась оранжево-красным цветом. В момент, когда Рамзай наблюдал спектр нового неизвестного газа, в лабораторию вошел его сын. Увидев это яркое свечение, он воскликнул: «New one!». Так появилось название неон. С древнегреческого переводится, как «новый».

Неон легче воздуха в 1,44 раза, в 2 раза легче аргона, но при этом тяжелее гелия в 5 раз. При температуре –245,98°С неон становится жидким. А охладив еще всего лишь на 2,6 °С, неон становится твердым. Очень маленький диапазон перехода из твердого состояния в жидкое, а затем в газообразное. Больше всего неона в горячих звездах — красных гигантах, в газовых туманностях.

Свечение неоновых ламп вы, скорее всего, видели лично. Хотя сейчас для рекламных вывесок чаще используют светодиоды, но встретить неоновые вывески можете до сих пор. Поверьте, их вы ни с чем не перепутаете.

Чтобы получить один сорокалитровый баллон неона, требуется переработать 22 тысячи м$^3$ воздуха. При температуре жидкого неона хранят ракетное топливо. В жидком неоне проводят заморозку животных тканей и имитируют условия

космического пространства в термобарокамерах. Заменяя азот на неоно-гелиевую смесь, получают специальный воздух для водолазов и людей, работающих при высоких давлениях, чтобы избежать эмболии — болезни, при которой происходит закупоривание сосудов пузырьками газа.

# Аргон. Самый дешевый из семейства

В 1785 году **Генри Кавендиш** обнаружил в воздухе новый неизвестный газ, но не смог понять, чем он являлся. Через 107 лет Уильям Рамзай, проводя аналогичные опыты, смог установить, что это — инертный газ. Позднее его назвали аргоном, что с греческого переводится как «недеятельный». Причина того, что ученые долгое время не могли обнаружить аргон, заключается в том, что он инертен и не вступает в химические реакции. А как заметить то, что никак себя не проявляет? Задача не из легких.

Аргон тяжелее воздуха в 1,38 раза. Поэтому дышать им, как гелием, ни в коем случае нельзя. Можно просто задохнуться, так как выдохнуть его очень сложно. Для этого надо становиться вверх ногами.

Смесь из 69 % аргона, 11 % азота и 20 % кислорода применяется для наркоза. До тех пор, пока человек дышит этой смесью, он спит. Как только престает ей дышать, человек просыпается.

Источником аргона на Земле является радиоактивный изотоп $^{40}$К. В ходе его ядреных превращений образуется изотоп $^{40}$Ar. Получают аргон в результате разделения воздуха на кислород и азот, где он является побочным продуктом. Аргон является самым доступным и дешевым из всех инертных газов. Совокупность этих свойств, а также тот факт, что он не участвует в химических реакциях, применяется в тех случаях, когда необходимо проводить какие-то работы с другими веществами, которые могут взаимодействовать с кислородом или азотом воздуха. Они помещаются в атмосферу аргона, и кислород с азотом больше не доставляют неудобств. Так, например, поначалу аргон использовали в качестве газа-наполнителя для лампочек, чтобы вольфрамовая нить не перегорала. Затем аргон нашел свое применение в металлургии, в тех процессах, где необходимо исключить контакт расплавленного металла с кислородом воздуха. То есть аргон используется как защитная среда. Также аргон применяется в дуговой электросварке трудносвариваемых металлов.

# Криптон. Не страшен супермену

Этот инертный газ открыл все тот же Уильям Рамзай, что не удивительно, так как он занимался исследованиями, связанными именно с инертными газами. Но данное открытие получилось случайно, как и многие другие значимые открытия в самых разнообразных областях науки. Он пытался выделить гелий из воздуха, но у него этого не получилось. Однако в спектре тяжелой фракции он обнаружил желтую и зеленую линии в тех местах, где подобных следов не оставлял ни один известный элемент. Вывод был очевиден: обнаружен новый химический элемент. Его назвали криптоном, что означает «скрытный».

Газообразный криптон в 2,87 раза тяжелее воздуха, а жидкий в 2,14 раза тяжелее воды. Так же, как и аргон, криптон имеет малый температурный диапазон между жидким и твердым состояниями. Температура плавления –156,6 ˚С, а температура кипения –153,9 ˚С. Этот факт свидетельствует о том, что атомы инертных газов имеют слабые силы межмолекулярного взаимодействия. То есть силы, которые связывают молекулы между собой.

Криптон достаточно редкий и рассеянный газ. Но его содержание в атмосфере постепенно (очень медленно) возрастает, так как его «выдыхают» некоторые минералы, содержащие уран, в которых он образуется в результате ядерных реакций. Чтобы получить один литр криптона, необходимо переработать более миллиона литров воздуха. Так как криптон — это уже более тяжелый элемент, в отличие от гелия, неона и аргона, то внешняя электронная оболочка находится на большем расстоянии от ядра. Это приводит к тому, что внешние электроны не так сильно связаны с ядром, как у предыдущих инертных газов.

Чаще всего криптон применяется во всех тех же лампах накаливания, так как его использование позволяет продлить срок службы такой лампы в 2–4 раза. Он хуже, чем аргон, проводит тепло и в нем вольфрамовая нить меньше распыляется. Также уменьшается объем колбы. Такие лампы, если сейчас и не используются в быту, то в лакокрасочной и текстильной промышленности порой применяются, в том числе в качестве мощного источника инфракрасного излучения.

# Ксенон. Очень яркий

Обнаружить данный элемент — задача довольно сложная. В 1 $м^3$ воздуха содержится 9,3 л аргона и всего 0,08 мл ксенона. Работал над его открытием все тот же Уильям Рамзай в компании с англичанином-тезкой Уильямом Траверсом. Они все так же сжижали воздух и разделяли его на фракции из разных газов. Эта пара переработала около 100 т жидкого воздуха, и каждый раз после выделения и очистки криптона все равно оставался остаток. Этот остаток в электрическом разряде светился, давая удивительной красоты голубоватый спектр в областях от оранжевой до фиолетовой. Как мы помним, каждый элемент имеет свой набор спектральных линий. Полученный новый набор не был похож ни на один ранее известный. Вывод напрашивался сам собой: получен новый химический элемент. Его назвали ксеноном, что в переводе означает «чужой».

«Чужим» он стал по причине того, что вроде бы инертный газ, но ученые нашли первые химические соединения именно с ксеноном. Этот факт, конечно, немного смутил ученых, но вскоре они во всем разобрались, и все встало на свои места. Чем больше атом, тем слабее связаны с ядром внешние электроны. Поэтому их легче потерять и затем вступить в реакции с кем-нибудь, у кого проще отобрать электрон.

До 1961 года считалось, что инертные газы не могут вступать в реакции с другими веществами. Вера в инертность была абсолютной. Значит и химикам особо делать нечего с этими элементами. Похимичить-то не получится. Максимум перегонять газы из одного сосуда в другой. Однако ученый из Канады Бартлетт проводил опыты с гексафторидом платины $PtF_6$ при комнатной температуре и получил твердое желто-оранжевое вещество, которое являлось гексафтороплатинатом ксенона $Xe[PtF_6]$. Мало того, что было доказано, что инертный газ ксенон может участвовать в химических реакциях, так с ним можно

проводить и другие химические превращения. Данное открытие в мире химии поначалу было воспринято в штыки. В этот факт не хотели верить.

В 1979 году при действии высокого давления на замороженный ксенон удалось получить его в металлическом состоянии. Он оказался сверхпроводником. Правда температура сверхпроводимости около –266 ˚С.

О применении ксенона вы и сами знаете. Вы, наверное, слышали про ксеноновые лампы автомобилей. В таких лампах светит дуговой разряд в ксеноне, находящемся под высоким давлением. Свет появляется мгновенно после включения. Он очень ярок и его цвет близок к белому. На него можно смотреть только через фильтр, так как глаза не выдерживают таких ярких лучей. Поэтому постепенно ксеноновые фары запрещают, хотя выглядят они очень эффектно. Ксенон, как и криптон, используется в осветительной технике в других областях. Например, где требуется правильная цветопередача, то есть при съемках фильмов. Конечно, их все сильнее вытесняют другие источники света, но порой без ксеноновых ламп не обойтись.

Также соединения ксенона со фтором применяют для хранения и транспортировки самого ксенона и агрессивного фтора.

# Радон. Радиоактивный и инертный

Открытие радона происходило несколько раз. Причем каждое новое открытие не опровергало предыдущее, а дополняло его. В период 1900–1904 года Резерфорд и Оуэнс, Рамзай и Содди, Дебьерн, Дорн независимо друг от друга продолжали работы супругов Кюри в области радиоактивности. Все они совершили открытие «нового элемента», обнаружив новые радиоактивные газообразные элементы. Но по факту все они открыли радиоактивные изотопы одного и того же элемента — радона. В те времена не было понятия о нейтронах, протонах и устройстве атома и, в частности, ядра.

Все открытые «новые элементы» имели разные периоды полураспада, по которым их собственно и идентифицировали. Дорн открыл самый долгоживущий изотоп $^{222}Rn$ с периодом полураспада 3,82 дня. Он образуется в цепочке радиоактивного распада $^{238}U$. Резерфорд и Оуэнс открыли изотоп $^{220}Rn$ с периодом полураспада 54,5 секунды. Он образуется в цепочке радиоактивного распада тория. Дебьерн тоже открыл члена радиоактивного семейства тория, но изотоп $^{219}Rn$ с периодом полураспада 4 секунды. Так как все они были получены из твердых минералов, то назывались эманациями. **Эманирование** — это выделение газа твердыми телами. Позже данному элементу было подобрано название радон, которое созвучно с названиями других инертных газов: неон, аргон, криптон, ксенон.

Применение радона обусловлено его свойствами. Так, например, его радиоактивность применяется в медицине. Из этого элемента делают радоновые ванны: в воде растворяют микроколичества радона, а затем пациенты принимают такие ванны. Вдыхать радон небезопасно. Мало того, что он радиоактивен, так и его дочерние продукты деления тоже радиоактивны. Поэтому при приеме ванн воздушное пространство и содержимое ванны разделяют, и пациент не дышит испарениями из воды.

Также было обнаружено, что в подземных водах вблизи землетрясений повышается концентрация радона до самого землетрясения. Этот факт стали применять для прогнозирования землетрясений.

# Оганесон. Последний

Это 118-ый и самый последний химический элемент, который удалось синтезировать ученым. Известно про него совсем немного: он относится к инертным газам и обладает радиоактивностью. О химических и физических свойствах говорить сложно, так как в Дубне было получено всего 3 атома оганесона. Хватит пальцев одной руки, чтобы пересчитать, и то, лишние останутся.

Существуют ли элементы после оганесона, например 119, 120 и т. д., пока никто не знает.

118-ый элемент на данный момент является краем науки о веществе. Предполагается, что где-то там возможно существование стабильных изотопов разных элементов. Но это вопрос будущего. Возможно именно ты, дорогой читатель, выучишься на физика-ядерщика и займешься данными исследованиями в научном институте в городе Дубне.

***На заметку:***

Начиная с висмута, включительно, все элементы до 118-ого имеют только радиоактивные изотопы. Рано или поздно они распадутся с образованием стабильных изотопов других, более легких элементов.

Стоит отметить, что оганесон впервые синтезирован и определен, и был получен именно новый элемент, в научном институте в городе Дубна Московской области коллективом под руководством Юрия Цолаковича Оганесяна. Право давать имя новым открытым элементам дается их первооткрывателям. Коллектив, работавший над его синтезом, выдвинул вариант

«оганесон». Здесь отметим, что выдвигаемое название должно быть удобным в произношении практически на всех языках мира. И окончательное решение по присвоению имени принимает международная комиссия из ИЮПАК/IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry/ Международный союз теоретической и прикладной химии).

После долгих обсуждений и неоспоримых доказательств, что 118-ый элемент был получен именно коллективом ученых из Дубны, в 2016 году комиссия ИЮПАК приняла решение утвердить название оганесон. Это второй случай, когда имя новому элементу, названного в честь его первооткрывателя, дают при жизни самого первооткрывателя. Например, Эйнштейн совсем чуть-чуть не дожил до присвоения 99-ому элементу имени эйнштейний.

# Галогены

В следующем столбце, который находится слева от инертных газов, находятся элементы, которые называют галогенами.

Все они имеют $ns^2np^5$ конфигурацию внешней электронной оболочки. Каждому из них не хватает всего одного электрона, чтобы полностью заполнить шестью электронами свой внешний p-уровень. И все они стремятся сделать это, чтобы быть такими же, как инертные газы. Это стремление, собственно, и определяет химические свойства данных элементов.

Проще всего отобрать электрон у щелочных металлов. Он у них всего один на внешнем уровне. До заполнения всего уровня очень далеко. Поэтому мы ежедневно сталкиваемся с такими соединениями, как самая обычная поваренная соль. Это хлорид натрия NaCl. Соединение хлора — галогена и натрия — щелочного металла.

Соединения фтора называют фторидами (KF), соединения хлора — хлоридами (NaCl), соединения брома — бромидами (KBr), соединения йода — йодидами (KI). Все достаточно просто и запоминается легко.

Причем самый «злой» из всех галогенов — это фтор. Его атом самый маленький из них, поэтому желание получить всего один электрон самое большое. У остальных галогенов все больше и больше электронные оболочки, внешний электронный уровень все дальше и дальше от ядра, поэтому желание получить еще один электрон все меньше. Но это не значит, что они безопаснее. Нет, конечно же.

Это свойство также хорошо видно, если взять, например, раствор иодида калия KI и добавить к нему бром $Br_2$. У брома желание больше, поэтому он выгонит йод из соединения с калием и образует бромид калия. При этом выделится элементарный йод $I_2$, имеющий коричневый цвет.

$$2KI + Cl_2 \rightarrow 2KCl + I_2$$

Отметим, что при нормальных условиях (25°C и 101,3 кПа) йод твердый. Аптечный же йод является более сложным соединением состава $K[I(I_2)]$. О химии таких соединений читатель может узнать уже в вузе.

Если же атомам галогенов неоткуда взять электроны, то они

соединяются с такими же атомами галогенов, которые есть поблизости. Поэтому все молекулы галогенов двухатомные: $F_2$, $Cl_2$, $Br_2$, $I_2$. Индекс 2 справа внизу от символа элемента говорит о том, что в данной молекуле 2 атома этого элемента. Но если они на своем пути повстречают какое-то вещество, которое им по зубам, то они его профторируют, прохлорируют, пробромируют или пройодируют.

# Фтор. Зло воплоти

Фтор — самый активный, самый реакционноспособный, самый элеткроотрицательный, самый агрессивный, самый злой в химическом понимании. Если вы имеете дело со фтором, то будьте крайне аккуратны. Он вступает в химические реакции практически со всем, что встречает на своем пути. Ведь ему так нужен этот единственный электрон, чтобы полностью завершить свою внешнюю электронную оболочку. В его поведении все подчинено именно этой цели. Он настолько «злой» и жадный, что даже способен вступать в реакцию с инертными газами, лишь бы заполучить этот несчастный восьмой электрон.

Ионы ($F^-$) и атомы фтора очень малы, поэтому, образовав связь с каким-либо другим атомом, оторвать его крайне тяжело. К тому же, здесь еще начинает играть роль геометрия молекул. Да-да, молекулы имеют определенные геометрические формы, достаточно точные углы, определенные длины связей. Например, молибден образует соединение со фтором, присоединяя целых шесть атомов фтора ($M_oF_6$). Если взять другой галоген больших размеров, например, йод, то он образует с тем же самым молибденом молекулу, содержащую только три атома йода ($MoI_3$).

Как мы уже сказали, фтор самый элеткроотрицательный элемент. То есть он способен притягивать электроны сильнее всех остальных. В потоке фтора горит даже вода, с выделением кислорода. Теперь вы понимаете, что фтор выгоняет из молекулы воды сам кислород. Обычно под горением понимают взаимодействие какого-то вещества с кислородом. Здесь же горение идет не из-за кислорода, а из-за фтора. Также в струе фтора горят такие не горючие вещества, как асбест, кирпич, различные металлы. Кремний и древесный уголь вовсе самовоспламеняются в потоке фтора. Явно напрашивается вопрос:

а как же тушить такое возгорание? Ответ банален: либо прекратить доступ фтора, либо дождаться, когда весь фтор прореагирует и все сгорит. Фтор с греческого переводится, как «разрушающий». И это имя ему более чем подходит. К тому же, стоит отметить, что фтор очень токсичен, что делает его очень опасным и требует осторожности при работе с ним.

В начале XVIII века была открыта плавиковая кислота (HF). Из нее впервые был получен газообразный фтор **Карлом Вильгельмом Шееле**. Так как фтор очень токсичен, о чем не знали ученые тех времен, то и пострадали они от него не мало. Английские химики братья Томас и Георг Нокс пытались получить фтор. В итоге первый погиб, а второй стал инвалидом. Аналогично закончили свою жизнь Д. Никлес и П. Лайет. Гемфри Дэви, ученый, впервые получивший натрий, калий, магний, кальций, стронций, барий в результате попыток получить фтор сильно отравился и тяжело заболел. Ж. Гей-Люссак и Л. Тенар тоже пытались получить фтор, но только потеряли свое здоровье при этих попытках. Также пытались получить фтор А. Лавуазье, М. Фарадей и Э. Ферми. Получить не получили, но зато остались живы и здоровы. Как видите, в списке «неудачников» значатся такие великие фамилии, которые заложили основы современных наук. Но фтор им не давался и стремился убить своих первооткрывателей. Прямо серийный киллер великих ученых.

Работа со фтором очень опасна. Малейшая оплошность, и у человека разрушаются зубы, ногти, становятся хрупкими кости, кровеносные сосуды в свою очередь становятся ломкими.

Только 26 июня 1886 года французский химик Анри Муассан при помощи электролиза безводного фтористого водорода при температуре — 23 ˚C смог получить газообразный фтор. Электролизер был сделан из платины, а электроды из сплава иридия и платины. Но и это не спасало от образующегося фтора. Он постепенно разъедал электролизер. Стоит отметить, что и в настоящее время электролиз является единственным способом получения фтора. Только промышленные установки делают из меди, никеля, стали и графита — более дешевых материалов.

Фтор, а точнее его многочисленные соединения имеют очень широкое применение. Самое банальное, которое вы можете встретить — тефлон. Им покрывают сковородки, делая их антипригарными.

С помощью фтора делают фторопласт, который применяется в химической промышленности. Например, в чем-то надо хранить концентрированные кислоты. Просто стальные емкости не подойдут — их разъест. Поэтому в них делают вкладыши из фторопласта и только потом заливают кислоты. Со фторопластом

они не реагируют. Такой метод защиты емкостей называется футеровкой. И в таких емкостях можно безопасно хранить ту же самую плавиковую кислоту. А она в свою очередь применяется в стекольной, нефтяной, пищевой, атомной, металлургической, химической, бумажной и других отраслях промышленности.

В тонне воды содержится около 0,2 мг фтора в виде его соединений. Даже в состав зубной эмали входит 0,02 % фтора. Без него зубы быстро бы сгнивали от кариеса. В медицине применяется множество лекарственных средств с содержанием фтора, от разных заболеваний от малярии и диабета, до глаукомы и рака. Естественно, здесь важно понимать, что большие дозы фтора — яд, малые дозы — лекарство. Этот принцип распространяется не только на фтор, но и на большое количество веществ, используемых в медицине.

В старых холодильниках в качестве хладагента применялся фреон. А это фторорганическая жидкость. Также соединения фтора с другими галогенами использовали в качестве окислителя для жидкого ракетного топлива.

# Хлор. Первое химическое оружие

1915-ый год, I Мировая война, городок Ипр. Столкнулись германские и англо-французские войска. Утром 22 апреля немецкая армия применила впервые в истории человечества газовую атаку. Одновременно было открыто 6000 баллонов с хлором. Ветер дул в сторону англо-французских войск. 180 тонн ядовитого облака поглотило целую армию. Укрытия нигде не было, а противогазы не применялись. 5000 человек погибло, 10 000 пострадало. Интересно, что ветер впоследствии изменил свое направление, и хлор частично накрыл саму германскую армию. Была нарушена Гаагская конвенция о запрете применения отравляющих веществ от 1907 года.

1917 год, снова город Ипр. Здесь же было применено отравляющее вещество, впоследствии названное ипритом $S(CH_2CH_2Cl)_2$.

Впервые хлор получил **Карл Вильгельм Шееле**. Но он не понял, что это был элементарный газ. Он считал его «духом» соляной кислоты. И только Дэви понял, что на самом деле этот газ состоит из нового элемента. Он назвал его chlorine gas, что означало «желто-зеленый». Позже **Гей-Люссак** дал более короткое имя — хлор. Также этому элементу присваивали имя галоген, но оно не привилось, а потом стало общим для всех элементов этой группы.

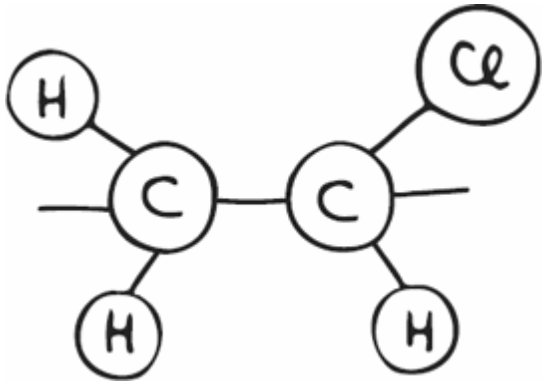
Как вы уже поняли, хлор ядовит. Это обусловлено тем, что попадая в легкие человека, он реагирует с малыми количествами воды, образуя смесь из двух кислот прямо внутри грудной клетки!

$$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HClO$$

Однако хлор является не только страшным оружием, но очень важным сырьем в промышленности для производства пластмасс, каучука, ядохимикатов, красителей, медикаментов. Также применяется для отбеливания тканей и очистки воды. Думаем, про хлорку в бассейнах все знают. И это всего лишь малая область применения хлора.

Хлор является тяжелым газом, что позволило использовать его немцам во время I Мировой войны. Газообразный хлор не улетучивался, а стелился по земле. Он имеет желтовато-зеленый цвет и резкий запах. Также, как и фтор, хлор химически очень активен. Конечно не так, как фтор, но следующим по списку идет именно он. Поэтому в природе его нельзя встретить в чистом виде, а только в виде соединений с другими элементами.

В промышленности хлор получают электролизом каменной соли. С соединениями хлора каждый из нас знаком. Обычная поваренная соль — это соединение натрия и хлора. Также многие из нас слышали про ПВХ. Это поливинилхлорид. А из ПВХ делают практически все что угодно: линолеум, игрушки, пластики, лаки, упаковочные материалы, изоляция для проводов и т. д.




**Поливинилхлорид**

При содержании 0,1 % хлора в воздухе может наступить острое отравление парами хлора. Первый признак — сильный кашель. Но хлор не всегда яд. Например, пострадавшим от сероводорода дают нюхать хлорную известь. Эти яды взаимно нейтрализуются.

# Бром. Противный и вонючий

Во Франции есть небольшой городок Монпелье, где были специальные бассейны, в которые наливали морскую воду, а затем испаряли, чтобы получить кристаллическую соль. Вода испарялась не вся, поэтому оставались растворы, которые называли маточниками. Эти растворы исследовал Антуан Жером Балар. Он обрабатывал их газообразным хлором и раствор становился краснобурым. В 1825 году это было диковинным явлением. Балар поначалу думал, что цвет обусловлен соединением хлора с йодом. Тогда он попытался выделить его и разделить хлор с йодом. Выделить смог, а вот разделить нет. Изучив его физические свойства, Балар пришел к выводу, что перед ним новый химический элемент. Данному элементу он дал название muria, что переводится как рассол. Проверив данные Балара, научная комиссия в составе Жозефа Гей-Люссака, Луи Тенара и Луи Никола Воклена подтвердила открытие, но попросила изменить название на бром, что с греческого переводится, как «зловонный».

Хотя бром широко распространен, его относят к рассеянным элементам. В качестве примеси он встречается во многих минералах, а вот собственных почти не имеет. Известны только бромаргирит (AgBr), йодобромит и эмболит. Некоторые растения, такие как: горох, фасоль, чечевица, морские водоросли накапливают бром. Как вы понимаете, основная часть брома сосредоточена в морской воде. Также установлено, что бром вместе с морской водой переходит в атмосферу. Так в воздухе прибрежных к морям районов содержание брома больше, чем, например, в континентальных районах.

После открытия брома стали применять его соединения, среди которых: бромид натрия NaBr или бромид калия KBr. В медицине, к примеру, в качестве успокоительных. В настоящее время данные препараты не применяются, так как им на смену пришли более эффективные и безопасные броморганические соединения.

До недавних пор, пока электронная фотография плотно не вошла в нашу жизнь, фотографии снимали на пленку. Вот химико-фотографической промышленности применялся AgBr, так как он имеет намного большую светочувствительность, чем иодид серебра AgI. Такие фотоэмульсии позволяли снимать с очень короткой выдержкой в одну десятимиллионную долю секунды. Фотобумага на основе бромистого серебра так и называлась: «унибром», «бромпортрет».

Другое свое применение бром нашел в текстильной промышленности. Бромид натрия используют в дубильных растворах, благодаря которым кожа становится тверже. Броминдиго применяют как краситель, с помощью которого получают множество ярких и чистых тонов от синего до красного. Броморганикой пропитывают древесину, чтобы она была более стойкой к грибкам и плесени.

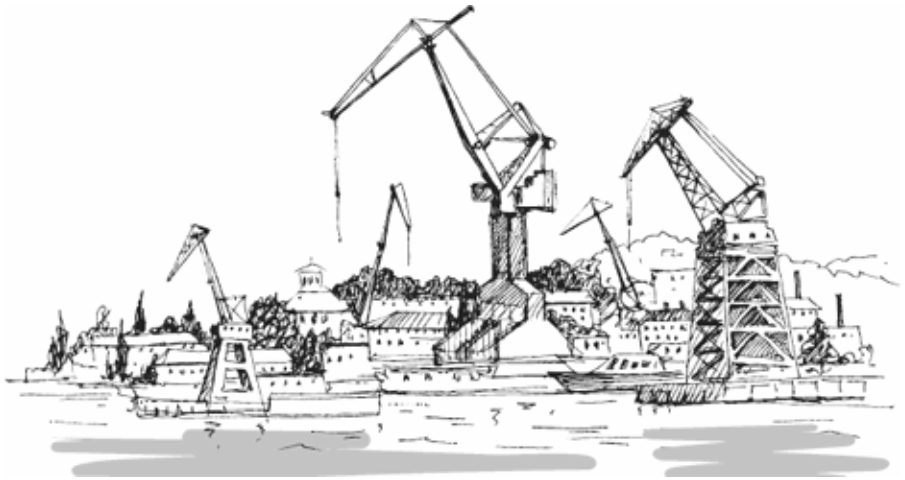
# Йод. Котики здесь ни при чем

В 1811 году французский химик **Бернар Куртуа** открыл этот элемент. Открытие было случайным и ходит много легенд, связанных с ним. Например, что к открытию приложил свою лапу кот, а может и кошка. Ученый занимался производством селитры для военной промышленности. В ходе этого процесса медные котлы, в которых проходило производство селитры, быстро разрушаются. Анализируя маточные растворы, которые остаются после отделения селитры, Куртуа добавил серной кислоты. В результате выделились фиолетовые пары. А по легенде, это кошка обронила банку с серной кислотой в эти отходы производства. Куртуа начал изучать свойства выделяющихся паров. К его исследованиям присоединились и другие химики. Они определили, что это новый химический элемент, и в 1814 году Гей-Люссак дал ему название йод, что переводится как темно-синий, фиолетовый.

В ряду галогенов йод — это последний галоген, существующий в природе. Ни астата, ни теннесина в природе не существует. В основном природный йод состоит из природного изотопа $^{125}I$. Йод — это единственный галоген, который находится в твердом состоянии при нормальных условиях. Фтор, хлор — газообразны, бром жидкий. К тому же, если попытаться расплавить йод в открытой чашке, то он сублимирует, то есть переходит из твердого состояния в газообразное, минуя жидкую фазу. Однако жидкий йод все же можно получить, если плавить кристаллический йод в глубоком сосуде, например в длинной пробирке. В этом случае образуются пары йода, которые создают избыточное давление над твердыми кристалликами йода. В результате эти кристаллики плавятся и можно увидеть жидкий

йод. Его даже можно вскипятить.

Йод относится к рассеянным элементам. У него нет собственного минерала на Земле. Но при этом он присутствует в виде мельчайших примесей практически везде. Основным источником для промышленного получения являются нефтяные буровые воды и морские водоросли.



Йод применяется не только в виде спиртового раствора для обработки ран, но и во многих других сферах. То, что щитовидная железа человека содержит йод, думаем, не стоит даже упоминать. Этот факт известен всем. В организме человека йод концентрируется именно там. Его недостаток может приводить к серьезным проблемам в развитии и росте организма человека. В организме человека содержится примерно 25 мг йода, большая часть из которых находится в щитовидной железе.

Однако надо помнить, что йод полезен только малых дозах. В больших он токсичен. Доза в 2–3 грамма элементного йода смертельна для человека.

Как и бром, йод применялся в фотографии и кинопромышленности для изготовления фотопленки. Йод также применяется при получении сверхчистых веществ, таких как: цирконий, кремний, титан, гафний. Также он имеет широкое применение в лабораторной практике.

# Астат. Не видели, но существует

В любой момент времени на Земле содержится примерно 30 грамм астата. А все потому, что он постоянно распадается и постоянно образуется в ходе ядерных превращений. Самый долгоживущий изотоп астата имеет период полураспада всего 8,3 часа. С греческого астат так и переводится — «неустойчивый». Исходя из тенденции изменения свойств в ряду галогенов, можно предположить, что астат при нормальных условиях — твердое вещество. Также, как и йод, он металлоподобен.

# Полуметаллы, металлы и неметаллы

Теперь рассмотрим элементы в прямоугольнике от бора до ливермория. Здесь закономерность свойств немного дает сбой. В этом прямоугольнике умещаются металлы, неметаллы и полуметаллы. Причем разделение этих элементов идет по диагонали сверху вниз, слева направо.

Бор, кремний, мышьяк, теллур, германий, сурьма, полоний образуют эту самую диагональ. Данные элементы являются полуметаллами. В одних условиях они ведут себя как металлы, а в других как неметаллы. Здесь стоит отметить, что если продолжить данную диагональ, то в нее попадут астат (галоген) и оганесон (инертный газ). Часть ученых считает, что эти элементы также стоит относить к полуметаллам.

Под диагональю находятся такие элементы, как: алюминий, галлий, индий, олово, таллий, свинец, висмут, нихоний, флеровий, московий, ливерморий. Они являются типичными металлами. Хотя некоторые из них в редких случаях ведут себя как неметаллы. Но это достаточно редкое явление.

Логично предположить, что над диагональю находятся неметаллы. К ним относятся углерод, азот, кислород, фосфор, сера, селен. Действительно сложно представить металлический кислород, азот или какой-либо из этих элементов. Галогены и инертные газы тоже являются неметаллами, но о них мы рассказали в предыдущих главах.

А теперь давайте посмотрим на таблицу Менделеева в целом. Первые две колонки — это металлы. Исключим водород. В обычных условиях он неметалл. По центру находится большая группа элементов переходных металлов, они тоже являются металлами. Под таблицей находятся лантаноиды и актиноиды. Это металлы и о них мы расскажем позже. Справа находится блок p-элементов, половина из которых типичные металлы, а другая половина типичные неметаллы. Как видите, основные представители таблицы Менделеева — это именно металлы.

А теперь давайте поближе познакомимся с p-элементами.

# Бор. Такой себе элемент

С древних времен человечество использовало натриевую соль тетраборной кислоты ($Na_2B_4O_7 \times 10H_2O$). Называли ее бурой. В 1777 году из нее научились получать борную кислоту ($H_3BO_3$). Естественно, химических формул этих соединений тогда не знали.

Над открытием и получением в чистом виде данного элемента бились выдающиеся ученые мира. И порой они получали сильно отличающиеся результаты. Бор, в зависимости от способа получения и чистоты, может быть бесцветным, серым или красным кристаллическим, а также темным аморфным веществом. Известно более 10 аллотропных модификаций бора. Как видите, сложности у ученых возникали не на пустом месте.

Бор имеет большое сечение захвата тепловых нейтронов. Это свойство используется в ядерных реакторах в качестве регулирующих стержней. Регулируют они потоки нейтронов, чтобы в активной зоне их не было очень много и не произошла неконтролируемая ядерная реакция с последующим ядерным взрывом. Конечно, используется не чистый бор, а в виде карбида бора ($B_4C$). Также свойство с высокой вероятностью захватывать нейтроны, применяется для создания защиты от нейтронных потоков. Много бора содержится в пластмассе, из которого сделаны детали конструктора LEGO. Поэтому, если вам необходимо в домашних условиях построить защиту от нейтронного излучения, то теперь вы знаете, что делать.

Если рассматривать более бытовое применение бора, то тот же карбид бора используется для обработки твердых сплавов. Интересно, что он уступает в прочности только алмазу. Инструменты из карбида бора могут работать при высоких температурах (свыше 1000 °C) даже в химически агрессивных средах.

При давлении в 62 тысячи атмосфер и температуре 1350 ˚С из нитрида бора была получена новая кристаллическая модификация, названная боразоном. Его кристаллы царапают алмаз. Конечно, алмаз тоже отвечает взаимностью и царапает его кристаллы. Боразон имеет такую же твердость, что и алмаз, но по ряду свойств превосходит его. Например, алмаз разрушается при нагревании до 700 ˚С, тогда как боразон стоек до 2000 ˚С. К тому же он менее хрупок.

# Кремний. Основа компьютерных технологий

На Земле данный элемент является вторым по распространенности после кислорода. Хотя мы сейчас и рассматриваем полуметаллы, но кремний является ближайшим аналогом углерода. Нам с вами известна углеродная форма жизни, но также может существовать и кремниевая форма жизни. Например, кремний составляет основу скелетов некоторых морских организмов.

Песок на берегу моря, горный хрусталь, агат, опал, полевые шпаты, стеклянная посуда, окаменелое дерево — все это состоит из соединения кремния и кислорода $SiO_2$. Именно из него делают химическую лабораторную посуду: колбы и пробирки.

Хотя кремний является широко распространенным элементом, но открыли его только в 1825 году. Это сделал шведский химик **Йенс Якоб Берцелиус**. Элемент назван был силицием, что по-латински означает кремень.

Про основное применение кремния и то, как он изменил жизнь человечества в эпоху информационных технологий, думаем, особо рассказывать не стоит. Вы и так все знаете, что из него выращивают монокристаллы, из которых делают процессоры и микроконтроллеры для компьютеров, планшетов, смартфонов и другой электроники. Также без него сложно было бы представить солнечные батареи.

Силикон — кремнийорганическое соединение, о котором тоже знают все. Его применяют очень широко: от силиконовых герметиков, масел, резин до имплантатов для пластической хирургии.

Все тот же оксид кремния применяется для производства стекол. Причем в обычных оконных стеклах около 72 % диоксида кремния, а в высокопрочном «пирекс» стекле, которое используют для химической посуды, его 82 %. Больше всего диоксида кремния в кварцевом стекле.

# Германий. Брат кремния

Германий был открыт в 1886 году профессором **Клеменсом Винклером**. Химик назвал его в честь своей страны Германии. По своим физическим свойствам германий хрупок, похож на обычное стекло. Да и по внешнему виду они с кремнием очень близки.

Германий хотя и имеет собственные минералы: германит, аргиродит, ультрабазит, но во-первых, они очень редкие, а во-вторых, их недостаточно для покрытия всей потребности человека в данном элементе. В основном германий встречается в минералах других элементов, в углях, природных водах и т. д. Поэтому способы его получения сильно зависят от исходного сырья.

Наряду с кремнием данный элемент стал важным полупроводниковым материалом. Это свойство нашло свое применение в таких изделиях, как: транзисторы, диоды, триоды, термисторы, которые применяются повсеместно в различной электронике. В настоящее время основными потребителями германия являются: волоконная оптика, тепловизорная оптика, химические катализаторы, электроника, металлургия.

Металлический германий сверхвысокой чистоты в инфракрасной области спектра прозрачен, поэтому его применяют при производстве оптических элементов инфракрасной оптики: линз, призм и оптических окон датчиков. Также Германий широко применяется в ядерной физике в качестве материала для детекторов гамма-излучения.

# Мышьяк. Яд и не только

Данный элемент известен человечеству издревле. Точной даты открытия назвать никто не сможет. Но впервые металлический мышьяк был получен в 1250 году немецким алхимиком **Альбертом фон Больштедтом**. По крайней мере, так считается. Чистый мышьяк — это серебристо-белое вещество.

Свойства данного элемента достаточно противоречивы. В одних случаях он выступает как яд, в других как лекарство. В давние времена основным ядом был именно мышьяк. Поэтому опыт обращения с данным элементом большой. Криминалисты и судмедэксперты научились безошибочно определять отравления мышьяком. Смертельная доза 0,05–0,1 г. Однако он присутствует во всех живых организмах, но в гораздо меньших количествах. Считается, что микродозы мышьяка повышают устойчивость организмов к действию вредных микробов.

В конце XVII века в Италии много шума наделала вода «Аква тофана». Сицилианка Тофана, сбежавшая из Палермо в Неаполь, продавала бутылочки с жидкостью женщинам, желавшим ускорить смерть своих мужей. На бутылочках был портрет святого Николая. 5–6 капель этой жидкости было достаточно, чтобы умертвить человека. Смерть наступала медленно и болезненно. В состав этой жидкости входил водный раствор мышьяковой кислоты.

После смерти Наполеона была проанализирована прядь его волос. Оказалось, что начиная с сентября 1820 года в течение четырех месяцев он получал большие дозы мышьяка. Было доказано, что Наполеон был отравлен мышьяком.

Отравляющее действие мышьяка, естественно, не могли не заметить военные. Они применяли его при производстве химического оружия. Самым известным боевым отравляющим веществом является арсин ($AsH_3$). Это самое ядовитое соединение мышьяка. Его активно применяли американцы во время войны во Вьетнаме.

В качестве лекарства мышьяк тоже применяется: первое, что приходит на ум, это использование в стоматологии. Мышьяк применяли при пульпите, когда кариес добирался до зубных нервов и их «убивали», чтобы сохранить зуб. Также соединения мышьяка применяли при лечении малярии и тифа. Конечно, в последнее время от него отказываются, заменяя более безопасными материалами.

Мирное применение мышьяк нашел в полупроводниковой технике. Используются такие соединения, как: арсенид галлия GaAs и индия InAs. Также мышьяк применяют при легировании

некоторых металлов. Добавка к меди увеличивает ее прочность на разрыв и коррозионную стойкость. Добавка к свинцу повышает его твердость.

# Сурьма. Ни рыба, ни мясо

В природе существует около 100 минералов, содержащих сурьму. Издавна был известен минерал сурьмяный блеск, название от которого перекочевало к самому элементу. Сурьму сплавляли со свинцом и получали сплав, который применяли для изготовления типографских шрифтов при печати книг.

Средневековым металлургам были известны семь металлов: золото, серебро, медь, олово, свинец, железо и ртуть. А вот мышьяк и сурьма были выделены в отдельную группу полуметаллов, так как они хуже ковались. Когда наука стала развиваться, то ученые снова проанализировали сурьму и пришли к выводу, что металлические свойства у нее выражены слабо. Выглядит она как обыкновенный металл, но очень хрупка. Сурьму можно измельчить в самой обычной ступке в порошок. Электричество и тепло проводит гораздо хуже большинства металлов. Однако и свойства неметаллов проявляются не в полной мере. В химическом плане она ведет себя аналогично неметаллу фосфору. Поэтому сурьма и относится к полуметаллам. Но в справочниках ее чаще относят к металлам, чтобы каким-то образом классифицировать.

Из-за своей хрупкости металлическая сурьма в чистом виде применяется редко. Но используется для приготовления сплавов с оловом и свинцом, придавая им твердость. Они применяются в качестве вкладышей в подшипники, так как обладают большим сопротивлением к истиранию. Сплав сурьмы со свинцом используется для производства шрапнелей и пуль, оболочек электрических кабелей, электродных пластин для аккумуляторов.

Сульфид сурьмы $Sb_2S_5$ используют для вулканизации каучука. Вы наверняка видели красную «медицинскую» резину, имеющую высокую эластичность. В ее состав как раз входит этот сульфид.

Соединения сурьмы используются при производстве огнеупорных красок, тканей. Краска так и называется «сурьмин». Соединения сурьмы с алюминием, галлием и индием обладают полупроводниковыми свойствами.

Сурьма является токсичной. Она накапливается в щитовидной железе и имеет раздражающее действие. Однако попав в желудочно-кишечный тракт, она не вызывает отравления. В XV–XVI веках, чтобы вызвать рвоту, пациентам давали вино, выдержанное в сурьмяном сосуде. Соединение сурьмы $KC_4H_4O_6(SbO) \times H_2O$ так и называется рвотным камнем.

# Теллур. Яд и полупроводник

Теллур — от «tellus», что по-латыни значит Земля. То есть назван этот элемент в честь нашей планеты. В 1782 году **Франц Иозеф Мюллер** исследовал золотоносную руду, из которой получил новый элемент. К металлам его можно было отнести с очень большой натяжкой. Через 16 лет Мартин Генрих Клапрот доказал, что это действительно новый элемент и дал ему название теллур.

Теллур является токсичным, а его соединение с водородом $H_2Te$ — бесцветный ядовитый газ с неприятным запахом. Это не удивительно, так как он является аналогом серы и теллуроводород подобен сероводороду $H_2S$. Сам теллур и его соединения могут вызывать облысение, влияют на состав крови.

По химическим свойствам теллур похож на серу и селен, но при этом немного проявляет металлические свойства. Кристаллический же теллур больше похож на сурьму. Его цвет серебристо-белый.

Свое применение он нашел в качестве добавки к свинцу, повышая его прочность и придавая химическую стойкость. Такой сплав аналогично сурьме применяется в кабельной и химической промышленностях. Сплав теллура с медью легко обрабатывать. В стекольной промышленности добавки теллура придают стеклам коричневую окраску. Теллурид кадмия CdTe применяется для изготовления солнечных батарей, лазеров, счетчиков радиоактивных излучений.

# Полоний. Источник энергии

Открыли этот элемент супруги Кюри в 1898 году. Первое сообщение о нем было таким: «Если существование этого нового металла подтвердится, мы предлагаем назвать его полонием, по имени родины одного из нас». По-латыни Polonia — Польша. Название элемента было своеобразным протестом, так как самостоятельного польского государства в то время не существовало. Польша была раздроблена, а ее земли принадлежали Австрийской, Германской и Российской империям.

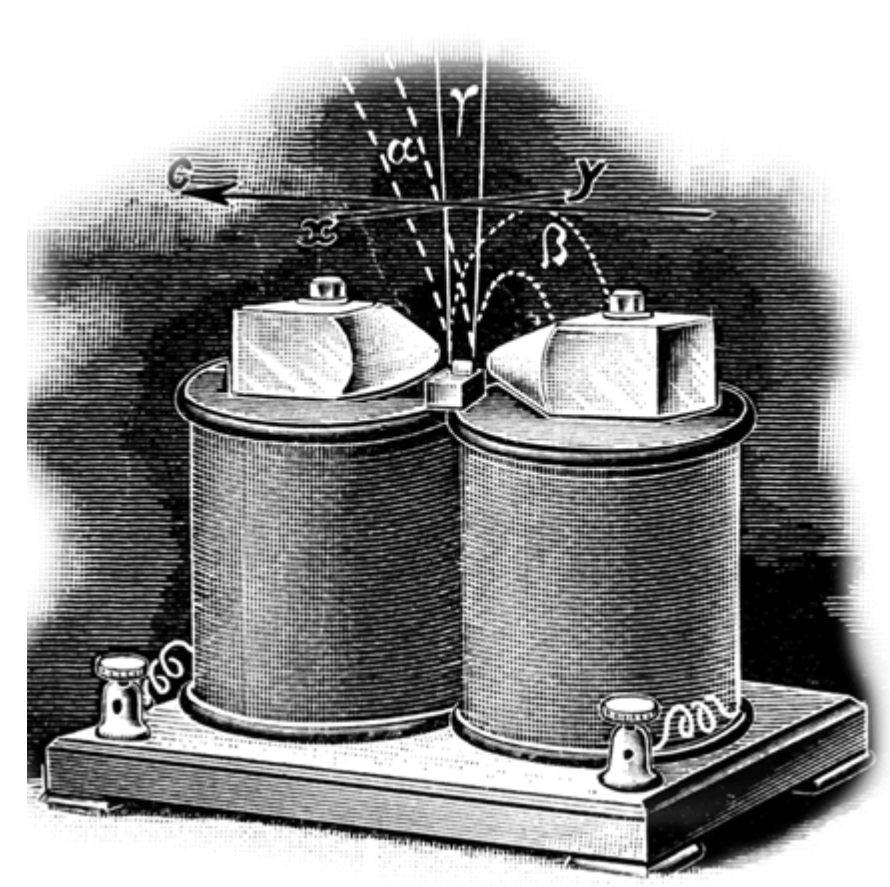
Полоний является ультраредким элементом. Получить его из минералов достаточно трудно. В основном полоний получают в ядерных реакторах путем облучения изотопа $^{209}$Bi потоком нейтронов. В результате образуется изотоп $^{210}$Po. Этот изотоп полония наиболее важен для науки и техники.

Полоний — легкоплавкий металл серебристо-белого цвета. По внешнему виду он похож на самый обычный металл. По

электрохимическим свойствам на благородные металлы. По химическим свойствам является аналогом серы, селена и теллура.

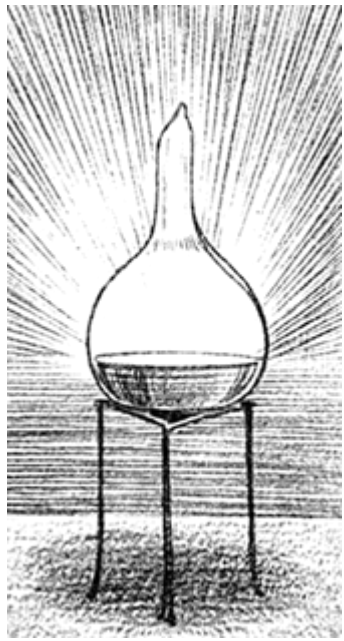
Изотоп $^{210}$Po является чистым альфа-излучателем. Испускаемые им частицы тормозятся в самом же металле и, пробегая внутри него всего несколько миллиметров, тратят всю свою энергию, превращая ее в тепловую энергию. Это тепло можно использовать для обогрева и получения электроэнергии, что собственно и делают как на Земле, так и в космосе. Из него делают источники электроэнергии для искусственных спутников.

Преимущество данного радиоактивного изотопа в том, что излучает он только альфа-частицы, которые не могут далеко улететь. Поэтому для таких источников не требуется особых мер защиты от излучения. Однако выделяющейся энергии так много, что она способна расплавить образец. Поэтому полоний сплавляют со свинцом. Такой сплав имеет более высокую температуру плавления, чем чистый полоний.




Также он используется для производства компактных, очень

мощных и безопасных нейтронных источников. Для этого полоний сплавляют с бериллием и бором. Это герметичные маленькие ампулы, в которую помещена таблетка из карбида бора, покрытая полонием.



Во всем мире получением и выделением полония занимаются только в России. При работе с ним необходимо соблюдать особую осторожность, так как он один из самых опасных радиоактивных элементов. Его активность настолько большая, что брать руками полоний нельзя. Он легко проникает внутрь организма через кожные покровы. Работают с ним только в герметичных боксах, так как он способен переходить в аэрозольное состояние.

Другие изотопы полония используются только в исследовательских целях и практического применения пока что не имеют.

# Типичные неметаллы

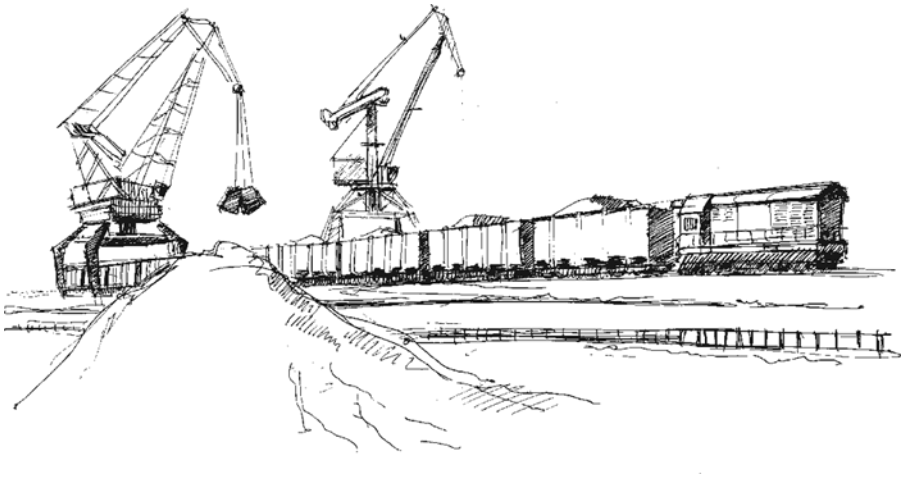
# Углерод. Основа жизни

Углерод известен с незапамятных времен, а вот имя его первооткрывателя неизвестно. Впервые чистый углерод был получен в 1791 году английским химиком **Теннатом Смитсоном**. Свое название «углерод» данный элемент получил только в 1824 году. В английском же языке его называют «carbon», что с латинского переводится как уголь.

В природе углерод встречается как в свободном состоянии, так и в виде различных соединений. Все мы знаем про такие формы, как уголь, графит, алмаз, которые встречаются в природе. Все это самый настоящий углерод. В природе он также встречается в виде углекислого газа $CO_2$. Если более подробно говорить про химические соединения, в которые входит углерод, сразу же надо вспомнить про органическую химию. Иначе ее можно назвать химией соединений углерода, так как все вещества, которые изучает органическая химия, основаны на соединениях углерода с водородом и некоторыми другими элементами. Ткани растений и животных, нефть и все ее производные — это все соединения углерода.

Современную жизнь сложно представить без углеводородов. Бензин, масла, смолы, растворители, пластмассы, полимеры, синтетические ткани и многие другие предметы — это различные соединения углерода. Их так много, что человечеству на данный момент известно более 27 миллионов органических веществ. Собственно, углерод является основой нашей жизни.

Углерод имеет множество аллотропных модификаций с очень разными физическими свойствами. **Аллотропия** — явление, при котором два или более простых вещества одного и того же химического элемента обладают различным строением, а как следствие — разными свойствами. Графит отлично проводит тепло и электричество, а вот алмаз является изолятором электрического тока (по-научному диэлектриком). Графит не пропускает свет, а алмаз прозрачен.



Если мы говорим про углерод в органических соединениях, то в них он имеет валентность IV. Всегда! Надеюсь, это вам несколько облегчит жизнь, если вы учитесь в школе. Соединений, где углерод проявлял бы другую валентность, очень мало. Одним из них является угарный газ CO.

В основном углерод содержится в известняке $CaCO_3$ и доломите $MgCa(CO_3)_2$. Кальцинированная сода $Na_2CO_3$ применяется в стекольной промышленности. Пищевая сода $NaHCO_3$ знакома всем и она есть у каждого дома. Между прочим, и та, и другая являются отличными моющими средствами. В особенности вам не обойтись без нее, если вам необходимо оттереть перманентный маркер. К тому же, множество современных моющих средств в своем составе на 90 %, а порой и на все 100 % состоят из обычной соды, хотя на этикетке может быть написано что-то типа: «Новая формула! Лучшее моющее средство».

С карбидом кальция $CaC_2$ тоже многие могут быть знакомы. С его помощью получают ацетилен $C_2H_2$, надо всего лишь добавить воды к карбиду. Раньше очень часто куски карбида таскали со строек, крошили в бутылки, заливали водой и плотно закрывали. Выделяющийся газ создавал большое давление и с громким хлопком разрывал бутылку.

Про углерод можно писать огромные книги. Собственно, их уже написали и продолжают писать. Чего стоят хотя бы тонны книг по органической химии. Ни про один другой химический элемент и его соединения столько не написано. Однако отметим, что перспективными направлениями являются исследования различных форм углерода, таких как фуллерен, графен, углеродные нанотрубки, нановолокна и многие другие.

# Азот. Дышите, не дышите

Вдохните полной грудью! Что чувствуете? Запахи? Нет-нет. Азот не пахнет. Просто воздух на 75 % состоит из азота. «Азот» означает безжизненный. Он не поддерживает ни горение, ни дыхание. Он достаточно инертен, хотя не является инертным газом и стоит практически в середине таблицы. Его сосед кислород в некотором смысле противоположность азота.

Антуан Лавуазье назвал азот азотом. Но открыл его другой ученый — **Джозеф Блэк Даниэль Резерфорд** в 1772 году. Правда он не считал его новым элементом, как и К. Шееле, который вел параллельные исследования. То, что азот это именно новый элемент, убедил всех именно Лавуазье.

Простое вещество азот — это молекула из двух атомов азота $N_2$. Получают его из воздуха. Да-да, не удивляйтесь. Берут воздух, сжижают, а затем, основываясь на разных температурах кипения газов, входящих в его состав, их разделяют. Таким образом получают разные фракции, одной из которых является азот. Таким же образом получают жидкий азот, про который вы наверняка смотрели множество видео в интернете.

Азот необходим для существования животных и растений, так как входит в состав белков, аминокислот, нуклеиновых кислот, хлорофилла, гемоглобина и др. Бобовые растения накапливают в себе азот из атмосферы. Этот факт используется в сельском хозяйстве, когда посевные почвы становятся бедными по азоту, то высаживают, например, горох. Те накапливают в почве азот в виде различных соединений. Затем на такую почву высаживают другую необходимую сельхозкультуру.

Азот входит в состав селитры $KNO_3$ — соединения, хорошо известного начинающим пиротехникам. Также она применяется в качестве азотного удобрения почв.

Сам азот применяют для получения азотной кислоты, аммиака, нитридов различных металлов, различных красителей и взрывчатых веществ. В пищевой промышленности вы можете столкнуться с добавкой Е941. Это не что иное, как азот, применяемый в качестве газовой среды для упаковки, хранения и хладагента. Хранят жидкий азот в сосудах Дьюара. По факту это обычные термосы, только очень большие.

При погружении водолазов на глубину, где давление выше, концентрация азота, растворенного в белковых и жировых тканях, растет. Это может приводить к азотному наркозу. Водолаз «пьянеет». Поэтому в дыхательных баллонах, с которыми погружаются водолазы, заполнены смесью кислорода и гелия.

Про закись азота $N_2O$ многие из вас скорее всего слышали, особенно если увлекаетесь гоночными симуляторами. Он снижает температуру всасываемого в двигатель воздуха, увеличивает содержание поступающего кислорода и повышает скорость сгорания в цилиндрах двигателя. Однако с такой целью его редко используют. Основное его применение в медицинских целях. Смешивая его с кислородом в определенном соотношении, он используется как хирургический наркоз. Сама по себе закись азота вызывает легкое опьянение, поэтому и получила название «веселящий газ».

# Кислород. Огонь

Кислород бесцветен, безвкусен, невидим и лишен запаха. Эти свойства явно мешали ученым обнаружить его. К его открытию практически одновременно приложили руки **Карл Шееле** и **Джозеф Пристли**. Они открыли новый элемент, но сами этого не поняли. И только Лавуазье смог определить, что был открыт именно новый химический элемент. Он назвал его «oxygen». А вот название «кислород» в русском языке дал Михаил Ломоносов.

Получают кислород в чистом виде также как и азот, из воздуха, путем сжижения. Жидкий кислород магнитен и способен притягиваться к магниту. Больше так не может ни один другой сжиженный газ, состоящий из индивидуального элемента. Молекула кислорода представляет собой соединение двух атомов $O_2$.

Про то, что все живые организмы дышат кислородом, упоминать даже не стоит. Это общеизвестный факт. Кислород вступает в реакции со всеми известными металлами, образуя оксиды этих элементов. Какие-то металлы реагируют при комнатной температуре, например медь. Если ее зашкурить до блеска, то она достаточно быстро покрывается оксидной пленкой CuO, реагируя с кислородом воздуха. Другие металлы необходимо нагревать, чтобы они смогли прореагировать с кислородом, например цирконий.

С процессом горения каждый из нас тоже сталкивался. В большинстве случаев, когда мы говорим про горение, то имеется в виду, что какое-то вещество взаимодействует с кислородом, при этом выделяется энергия в виде тепла и света.

Кислород является сильным окислителем. Конечно, не таким сильным, как фтор, но все же. Вступая в химическую реакцию, он окисляет другие элементы, то есть отбирает у них электроны. Он также, как и фтор, хочет полностью заполнить свою внешнюю орбиталь двумя недостающими электронами (фтору, правда,

нужен всего лишь 1 электрон).

Кислород применяется в металлургии. Им продувают расплавленный чугун, чтобы избавиться от растворенного углерода. Таким образом получают сталь. Также кислород применяют для газопламенной резки и сварки металлов. Еще одной областью применения является космическая промышленность, где он применяется в качестве окислителя ракетного топлива. Применяется и в медицине в виде газовых смесей в наркозной аппаратуре, кислородных коктейлей и др. В пищевой промышленности кислород обозначается как пищевая добавка Е948 — упаковочный газ.

# Фосфор. Источник удобрений

Данный элемент был открыт в 1669 году гамбургским алхимиком **Геннингом Брандтом**. Как и другие алхимики, он пытался найти философский камень, но нашел всего лишь фосфор. Он проводил опыты с человеческой мочой, так как полагал, что раз она золотистого цвета, то в ней содержится золото. Он собирал ее ведрами, затем кипятил, чтобы удалить воду. Представляете как все это пахло?! Получившаяся субстанция очень ярко горела, да и светилась в темноте сама по себе. Брандт демонстрировал полученное «магическое» вещество состоятельным людям, которые платили за это. Назвал данное вещество phosphorus mirabilis, что с латинского переводится как «чудотворный носитель света».

Но Брандт не стремился изучить полученный фосфор. Он довольствовался только тем, что зарабатывал, развлекая состоятельных людей. Так продолжалось длительное время, пока фосфор не попал в руки Лавуазье, которые доказал, что это самостоятельный химический элемент.

Исходя из расположения в таблице Менделеева, фосфор следует назвать аналогом азота. Однако их физические и химические свойства сильно отличаются. Мы бы даже сказали совсем. Единственное, что их объединяет, так это то, что оба эти элемента необходимы животным и растениям.

Фосфор образует около 190 минералов. Самым важным является апатит $Ca_5(PO_4)_3(F,Cl,OH)$, который применяется для производства фосфорной кислоты, которая в свою очередь идет на производство фосфорных удобрений. Посмотреть на данное производство вы можете на нашем YouTube-канале в видео под названием «Фосфогипс». Фосфор играет важную роль в жизни растений. Его нехватка приводит к уменьшению количества и размеров семян.

Фосфор является неметаллом и имеет несколько аллотропных модификаций, таких как: белый, красный, черный и металлический фосфор. Самым известным является белый фосфор. Он способен светиться в темноте некоторое время. Стоит отметить, что чистый белый фосфор ядовит. Если белый фосфор нагреть без доступа кислорода до температуры 250 °C, то он превратится в красный фосфор. Эта модификация менее химически активная и не способна светиться в темноте. Черный фосфор получают также при нагревании, но еще и под высоким давлением. Для получения металлического фосфора необходимо приложить еще большее давление.

Применяется фосфор в спичечной промышленности, металлургии и как мы уже писали выше, в химической промышленности. И если вы думаете, что фосфор содержится в головках спичек, то ошибаетесь. Его перемешивают со стеклянным порошком и клеем, а затем наносят на боковую поверхность спичечных коробков. Некоторые фосфорорганические соединения применяются в качестве лекарств, другие для борьбы с вредителями.

В военных целях производится фосфин $PH_3$ — ядовитый бесцветный газ с чесночным запахом. Также из-за своей горючести белый фосфор применяют для производства зажигательных бомб.

Научные знания о фосфоре раньше применялись и с целью одурачивания людей. Когда церковь хотела явить чудо, например самозагорающуюся свечу, то на фитиль наносили раствор фосфора в сероуглероде $CS_2$. Сероуглерод со временем испарялся, оставались крупинки фосфора, который окислялся кислородом воздуха и самовозгорался. Чудо!

# Сера. Стара, как мир

Сера известна человечеству очень давно. Даже в Новом и Ветхом заветах сера описывалась как источник тепла при термообработке грешников. Сера известна людям благодаря тому, что встречается в природе в самородном виде. Ее использовали в религиозных и мистических целях. Затем постепенно ее стали применять в быту для изготовления лекарственных мазей, для борьбы с вредителями.

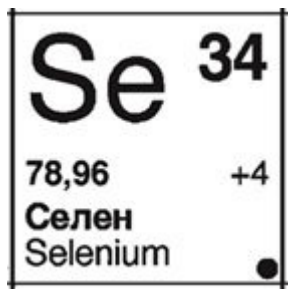
То, что сера — это индивидуальный элемент, а не химическое соединение разных элементов, установил Лавуазье. После изобретения пороха в Европе началась промышленная разработка способов ее добычи и поиск месторождений. Сера в смеси с углем и селитрой являются компонентами пороха.

В настоящее время примерно половина производимой серы используется для получения серной кислоты. А серная кислота для химии, как хлеб для застолья. Без нее современная химия не может обойтись. Люди, которые хоть раз в своей жизни ломали себе кости, прекрасно знакомы с таким веществом, как гипс $CaSO_4 \times 2H_2O$. Про пахнущий сероводород $H_2S$ думаем, знают все. Им пахнут тухлые яйца.

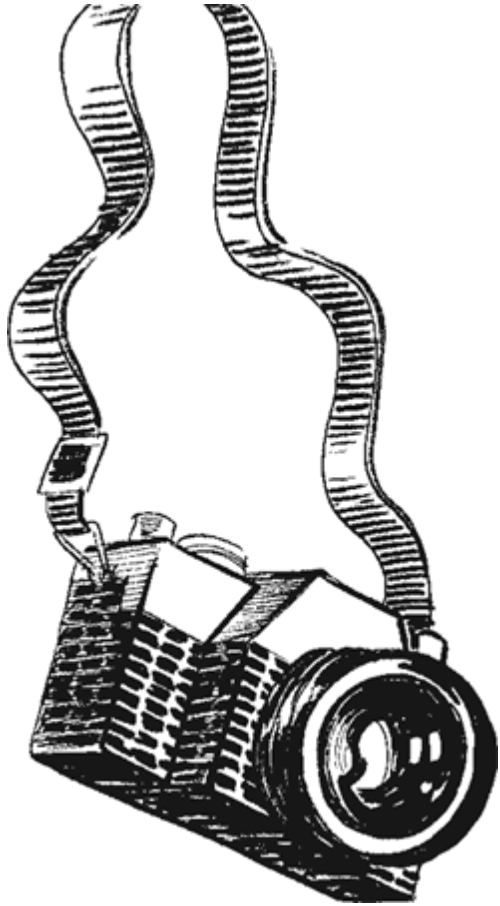
Вернемся к спичкам. Из главы про фосфор мы узнали, что он используется при изготовлении чиркашей на коробках. А вот сера применяется как раз в спичечных головках. К тому же сера нужна для производства бумаги, резины, тканей, косметики, пластмасс, красок, удобрений, пиротехники и ядохимикатов.

# Селен. Лунный

Селен — хрупкий неметалл и горит синим пламенем. Он является аналогом серы. Селен открыл Якоб Берцелиус в 1817 году, когда исследовал неизвестный осадок, который образовывался при получении серной кислоты. Подозрения были, что это теллур, но анализ показал, что это не он. Тогда стало ясно, что это новый химический элемент. А так как он был похож по свойствам на теллур, что в переводе означает Земля, и сопутствует ему в минералах, то новый элемент был назван селеном, что означает Луна.




Как и другие элементы, окружающие его в таблице Менделеева, селен и все его соединения являются ядовитыми веществами. Если земля, на которой пасутся животные, содержит селен, то они заболевают алколоизом. При этом начинает выпадать шерсть, деформируются рога и копыта.



Из селена и его соединений изготавливают выпрямители тока, различные фотоэлементы. Профессиональные фотографы и некоторые любители знают, что такое экспонометр в фотоаппарате. Этот датчик определяет, сколько света проходит через объектив и попадает на пленку или матрицу фотоаппарата. Вот он как раз состоит из селена, и принцип его работы основан на фотогальваническом эффекте. Этот эффект основан на том, что происходит непосредственное преобразование энергии света в электроэнергию.

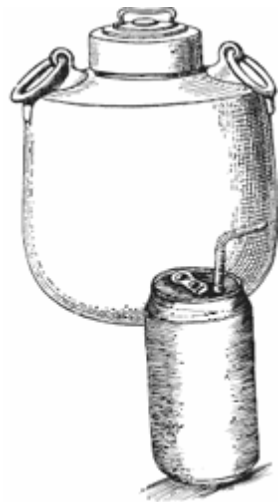
Селен также применяется как мощное противораковое средство и для профилактики различных заболеваний.

# Типичные металлы

# Алюминий. Самый распространенный металл

Нет, речь не о железе, о котором мы слышим на каждом углу. Мы говорим об алюминии, металле, без которого современная наука и техника не существовали бы вовсе!

Как мы уже отметили в названии, алюминий является самым распространенным металлом. На него приходится почти 9 % массы земной коры, то есть почти десятая часть такой махины. Это правда впечатляет… Этот металл входит в состав огромного числа минералов (науке известно более 250 минералов, содержащих алюминий). Наиболее важным для промышленности является минерал боксит ($Al_2O_3 \times H_2O$). $Al_2O_3$ с примесью оксида хрома — это рубин, а с примесью оксидов титана и железа — сапфир. Однако тот же $Al_2O_3$ входит в состав каолинита — основного компонента глины!



Почему алюминий стал повсеместно использоваться, начиная от авиастроения и заканчивая производством посуды? Как всегда, это можно объяснить его физико-химическими свойствами, а также его ценой на рынке. Начнем со свойств. Этот металл в достаточной мере легок и прочен, но наиболее важным его превосходством над тем же железом является его коррозийная стойкость. На воздухе алюминий покрывается слоем оксида, который прочнее его самого. Этот слой защищает металл от дальнейшего окисления кислородом воздуха. Основными потребителями этого металла на сегодняшний день являются

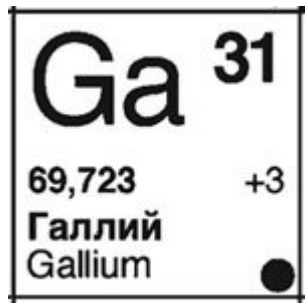
авиационная и автомобильная промышленности. Из него изготавливают моторы, коробки передач, картеры и другие части автомобилей. Естественно не в чистом виде, а легированную различными примесями. Так, например, сплав алюминия со скандием (3 %) более прочный, чем чистый алюминий. Если вы откроете другие учебники, то скорее всего встретите фразу, что алюминий — это «авиакосмический материал».

На кухне мы можем встретить посуду из алюминия, а также всем известную фольгу. Кроме того, алюминий хорошо отражает свет, поэтому из него делают нагревательные рефлекторы и зеркала. Алюминий также потребляет и военная промышленность. Перечислять области применения этого металла можно еще очень долго. Но мы так увлеклись, что чуть не забыли рассказать вам о цене на самый распространенный металл.

Цена на алюминий за последние годы выросла и на данный момент составляет примерно 2140 долларов США за тонну.

# Галлий. Металл для фокусов

В интернете какое-то время был широко распространен видеоролик про растворение «железной» ложки в стакане горячей воды. Этот фокус вызвал большой ажиотаж, но только не среди ученых. Ведь они-то знают, что существует такой металл, как галлий. Поговорим же о нем более предметно.




Галлий был предсказан еще Д. И. Менделеевым в 1871 году. Более того, великий русский химик смог предсказать и метод, с помощью которого будет открыт эка-алюминий (такое он дал название еще неоткрытому элементу). Спустя всего 4 года Дмитрий Иванович мог бы устроить небольшой праздник в честь триумфа периодического закона. Ведь все его предсказания сбылись. **Француз Лекок де Буабодран** сначала обнаружил неизвестный элемент спектроскопическим методом, а немного позднее ему удалось выделить соли галлия. Назвал он его в честь своей Родины Франции, которая на латинском языке именуется Gallia.

Галлий заслуженно относят к редким элементам, ведь он составляет лишь $1{,}5 \times 10^{-3}$ % массы земной коры. К тому же он не имеет собственных минералов, а является примесью к минералам цинка и алюминия. В связи с этим он считается рассеянным элементом.

Области применения чистого галлия обусловлены в первую очередь его физическими свойствами: этот металл плавится при температуре в 29,76 °C, поэтому хорошо подходит в качестве смазывающего материала. На его основе создано большое количество металлических клеев. Также им заполняют кварцевые термометры, заменяя более токсичную ртуть. Его еще используют для атомной промышленности в качестве среды для разделения различных элементов продуктов деления. Подробнее рассказать не можем по понятным причинам.

Скорее всего, на разных видео вы видели такой трюк: человек берет в руку кусочек галлия и он плавится в руке. Здесь есть одно большое НО! Во-первых, так можно расплавить только очень маленький кусочек галлия. Скорее даже пластинку. Во-вторых, большой кусочек галлия просто так в руке не расплавить. Хотя его температура плавления ниже температуры человеческого тела (36,6 ˚C), но с одной стороны к кусочку подводится тепло, а с других его поверхностей тепло передается окружающей среде.

Поэтому обычно идут на хитрости: либо сильно растирают руки перед экспериментом, либо за кадром стоит фен, который дует теплым воздухом, либо используется какой-нибудь сплав галлия, который имеет еще меньшую температуру плавления. Например сплав галлия с индием. Если все же расплавить кусочек галлия в руках, то затем он оставит темно-серые пятна. Отмывать такие пятна не слишком легко.

Гораздо шире применяются соединения галлия. Например, нитрид этого металла GaN обладает полупроводниковыми свойствами. Из-за этого из него изготавливают оптоэлектронные приборы, светодиоды. Другое бинарное соединение GaAs используют при производстве чипов. Оксид галлия $Ga_2O_3$ играет важную роль в лазерных материалах. Солнечные батареи, которые устанавливают на марсоходы, имеют в своем составе вышеупомянутый арсенид галлия.

# Индий. Очень рассеянный

Данный элемент является очень рассеянным. Его содержание в минералах еле доходит до десятых долей процента. Это привело к тому, что данный элемент очень долго не могли открыть. Как найти то, что сильно размазано повсюду?

Все бы так и оставалось, но такие ученые, как **Густав Роберт Кирхгоф** и **Роберт Вильгельм Бунзен** для изучения химического состава веществ стали применять физические методы исследования. Они разработали спектральный анализ. Вкратце, его суть заключается в том, что к атому подводят энергию в каком-то виде. Например при нагревании. В результате эта энергия поглощается и переводит внешний электрон на более высокую орбиталь. Но там ему находиться не выгодно согласно принципу минимума энергии. Электрон спускается обратно на свое место. При этом происходит излучение определенной длины волны. Для каждого элемента длина волны своя. Набор таких волн для конкретного элемента называется спектром.

В 1863 году немецкие химики Рейх и Рихтер проанализировали минерал цинковую обманку. Искали они линии таллия, но не нашли. Зато нашли новую линию в спектре, которая ранее нигде не встречалась. Эта линия соответствовала синему цвету. Он очень похож на цвет индиго. Так был открыт индий.

Данный элемент — это металл серебристо-белого цвета, блестящий на свету. Из-за его мягкости и высокой пластичности индий является самым хилым металлом. Он в 20 раз мягче чистого золота. Но есть парадоксальный факт: если добавить немного индия в свинец, то такой сплав будет тверже, чем чистый свинец. Недостаточная твердость и излишняя мягкость закрыли дорогу к применению во многих областях.

Индий применяется в полупроводниковой промышленности. На его основе был создан прибор для того, чтобы все видеть в темноте, то есть тепловизор. Затем он стал широко применяться для производства ЖК экранов. Также он используется в качестве примеси к германию и кремнию. Некоторые его соединения являются люминофорами. Изотопы $^{111}$In и $^{113m}$In применяются в качестве радиофарм препаратов. Серебряные зеркала с индиевым покрытием гораздо медленнее тускнеют со временем.

# Олово. Металл, который болеет

Данный элемент известен человечеству очень давно, а его сплав с медью — бронза, это первый сплав, созданный человеком. Еще сами египтяне использовали данный сплав для производства различной утвари. Основной минерал олова — касситерит ($SnO_2$). Он получил свое название из-за месторождения. Его добывали на Британских островах, которые назывались Касситеридами. Само же название элемента означает стойкий, прочный.

Олово является нетоксичным веществом, поэтому применяется в качестве коррозионностойкого покрытия либо в чистом виде, либо в виде сплавов с другими металлами. Для пищевой промышленности изготавливаются банки из белой жести (луженое оловом железо). Радиолюбители сразу вспомнят, что они работают с оловом и используют его в качестве припоя для электроники.

Часто олово применяется в виде сплавов с разными металлами, например с медью (бронза), медью и цинком, медью и сурьмой (баббит), с цинком (упаковочная фольга) и в виде оловянно-свинцовых и оловянно-цинковых припоев. Также олово нашло свое применение в виде интерметаллического соединения $Nb_3Sn$, которое применяется в качестве сверхпроводящих проводов.

Некоторые соединения олова применяются в качестве красок. Каждый автолюбитель может найти сплав олова со свинцом в своем автомобиле. Он используется в аккумуляторе в виде электрода (анода). Сульфид олова ($SnS_2$) применяют для золочения дерева и гипсовых фигур. Это конечно не золото, но тоже блестит. Многие оловоорганические соединения токсичны. Из них делали инсектициды (яды для насекомых). Некоторые из них использовали в качестве краски. Ими красят подводные части кораблей, чтобы они не обрастали моллюсками.

Олово имеет такое свойство, что при охлаждении ниже 13,2 °C, оно из белого олова превращается в серое. При этом нарушается кристаллическая структура. Олово трескается и превращается в порошок. Данное свойство сгубило не один десяток людей. Например в экспедиции исследователя Роберта Скотта, которая направлялась на южный полюс, произошла катастрофа. Топливо вытекло из железных сосудов сквозь швы, пропаянные оловом.

Превращение белого олова в серое называют «оловянной чумой». От нее пострадало не мало оловянных солдатиков. Часть историков считает, что одна из причин поражения Наполеона в

России в 1812 г. — это сильные морозы, из-за которых оловянные пуговицы на мундирах солдат превратились в порошок. Также существует легенда, что «оловянная чума» в запасниках петербургского музея Александра Суворова уничтожила множество ценных фигурок, превратив их в труху. По легенде в подвале лопнули зимой батареи отопления и фигурки замерзли. Однако основная причина — банальное воровство. А на олово любой может спихнуть вину.

# Таллий. Не искали, но нашли

Английский ученый **Уильям Крукс** занимался исследованием пыли, образующейся на серно-кислотном производстве. Искал он в ней селен и теллур. Анализ проводил самым современным на то время методом, при помощи спектрального анализа. Полученный спектр показал то, чего не ожидали. В нем была новая светло-зеленая линия, которая не принадлежала ни одному известному на то время химическому элементу. Был сделан вывод, что открыт новый химический элемент. С латыни таллий переводится как «распускающаяся ветка». Спектральная линия цвета молодой листвы стала причиной такого названия.

В земной коре таллия больше, чем золота, серебра или ртути. Основной минерал таллия — лорандит ($TlAsS_2$), однако он не представляет промышленной ценности. Таллий получают попутно при переработке других руд, как побочный продукт получения других веществ.

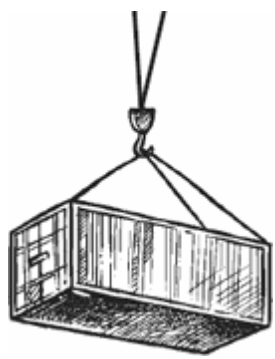
Таллий содержится в табаке, шпинате, древесине бука, винограде, свекле и других растениях. Правда добывать из них таллий точно не выгодно. Из животных таллий больше всего содержат медузы, актинии, морские звезды.

Сплав таллия с ртутью не замерзает до –60 ˚С. Он нашел свое применение в качестве термометра, работающий в условиях крайнего севера. Радиоактивный изотоп $^{204}Tl$ является чистым бета-излучателем. Его используют в приборах для измерения толщины покрытий и тонкостенных изделий. Также его используют для снятия статического электричества с готовой продукции в бумажной промышленности.

# Свинец. Элемент, а не животное

Кто назвал свинец свинцом, никто не знает. Также неизвестно, что означает это слово. Свинец очень мягок и легкоплавок. Он легко куется и прокатывается. Эти свойства определили области его применения. Несмотря на то, что он тяжелый, из него делали медальоны, статуэтки. Сплавы свинца, олова и сурьмы применяли для изготовления типографских шрифтов. Римляне делали из него трубы для водопроводов. Из-за своей мягкости свинец легко подвержен внешним деформациям. Нет никакой сложности, чтобы получить на нем оттиск. Поэтому из него делали печати. Затем его стали использовать для изготовления пломб, чтобы опечатывать сейфы, склады. Само слово «пломба» произошло от латинского названия «plumbum».

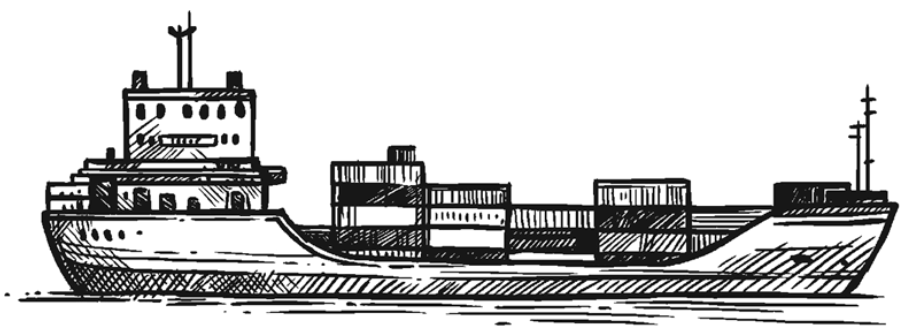
Свинец стоек к 80 % серной кислоты и к действию соляной кислоты. Однако его легко разъедает слабая уксусная кислота. Долгое время свинец применялся в сернокислотной промышленности в качестве облицовочного материала для оборудования.



Про свинцовые белила наверняка слышал каждый. Это соль свинца $2PbCO_3 \times Pb(OH)_2$. Она применяется в составе лакокрасочных покрытий, которые стойки к действию света и воздуха. Но такие краски токсичны. Поэтому свинцовые белила применяют только для наружной окраски судов. Самый популярный пигмент — сурик ($Pb_3O_4$) имеет ярко-красный цвет. Им красили подводные части кораблей.

Свинец — это последний элемент таблицы Менделеева, у которого есть стабильные изотопы. У всех последующих элементов все изотопы радиоактивны.

Попадая в организм человека, как и любой тяжелый металл, вызывает отравления. Особенно опасно воздействие свинца на детей: при длительном воздействии он вызывает умственную отсталость и хронические заболевания мозга. Однако хлорид свинца применяют для приготовления мазей при обработке опухолей. Врачи рентген кабинетов носят свинцовые фартуки, защищающие от рентгеновского излучения.



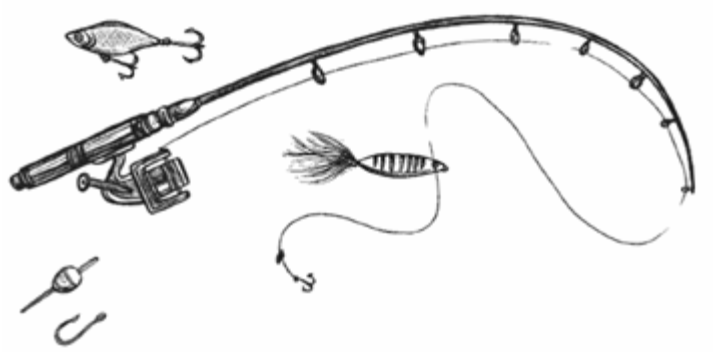
# Висмут. Последний из Могикан

История открытия висмута достаточно сложна. Он известен людям со Средних веков, тогда его часто путали с оловом, свинцом и сурьмой. **Георгий Агрикола** — крупнейший минералог своего времени (он жил в XVI веке) впервые описал получение этого металла. То, что висмут является самостоятельным химическим элементом, поняли только в XVIII веке, а символом элемент обязан Берцелиусу.

Висмут является редким элементом. В среднем его содержание в тонне земной коры не превысит 0,2 грамма, а это меньше, чем, например, серебра.

Основным потребителем висмута является металлургия. Если легировать алюминий или сплавы очень небольшими количествами висмута, можно добиться того, что их будет гораздо легче обрабатывать. Сплавы висмута с марганцем и хромом применяют для изготовления долговечных постоянных магнитов. Интересно, что находясь по соседству с такими страшными с биологической точки зрения элементами, как полоний и свинец, висмут практически безвреден для организма человека. Поэтому перламутровая губная помада, изготовленная на основе солей висмута, не представляет угрозы вашему здоровью.

Помимо всего прочего, соединения висмута обладают ярко выраженными антибактериальными свойствами. Из-за этого их используют в медицине. Например, всем хорошо известная бактерия Helicobacter pylori, вызывающая гастрит, а впоследствии язву желудка, успешно уничтожается соединениями висмута.



Любителям рыбалки висмут тоже полезен. Так как он обладает сходной плотностью со свинцом, но безопасен для человека, грузила для удочек начинают изготавливать из висмута, а не только из свинца.

Наконец, нельзя не упомянуть красивейшие кристаллы оксида висмута $Bi_2O_3$, которые активно используется при изготовлении украшений.

# 104–116. Наука и только

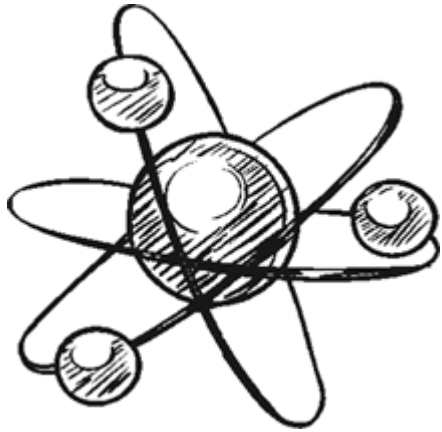
Про данные элементы (резерфордий, дубний, сиборгий, борий, хассий, мейтнерий, дармштадтий, рентгений, коперниций, нихоний, флеровий, московий, ливерморий) сложно что-то рассказать. Причина проста: все они получены человеком на ускорителях частиц и в природе пока не встречались. Это исключительно рукотворные элементы. Многие из них получены в количестве всего десятка тысяч штук. А этого очень мало для химического анализа. К тому же их время жизни очень мало. Раз и нет больше атомов этих элементов, так как они распались. Про их химические и физические свойства можно только догадываться. Но все догадки основаны на периодическом законе, на котором строится вся таблица Менделеева. Исследования и практические подтверждения догадок ведутся учеными в настоящее время. И если вы прочтете главу про актиноиды, то вы даже догадаетесь, в каких лабораториях мира ведутся эти исследования. Надеемся, что на наше время выпадут открытия, связанные с этими элементами.

# Переходные металлы

Обсудив s- и p-элементы, мы отправляемся с вами дальше в наше увлекательнейшее путешествие по основам химии элементов. На очереди самая крупная группа, в которую входят почти 57 % всех элементов — это переходные металлы. И сразу появляется несколько вопросов: «А где они находятся в периодической таблице?», «И куда они переходят?». Что же, обо всем по порядку.

Если рассматривать современную таблицу Менделеева, то переходные металлы находятся в «середине», то есть с III группы по XII. Также обратите ваше внимание на «подвал» таблицы, там располагаются 2 ряда элементов, называемые актиноидами и лантаноидами.

Перед тем как ответить на второй вопрос, мы надеемся, что вы простите нам небольшое лирическое отступление от темы главы. Внимательный читатель, вероятно, уже обратил внимание на то, что мы всегда опираемся на Периодическую таблицу, а как следствие, на строение атома. Забегая вперед, сразу скажем, что ответ на ваш вопрос кроется именно в строении атома. На наш взгляд, одна из главных прелестей химии состоит в том, что в ходе решения подавляющего числа задач мы приходим к строению атома, это та основа, без которой химии не существует. Это отличает химию от той же физики, где, зная на отлично механику Ньютона, будет крайне проблематично рассуждать о термодинамике или волновой оптике. Решая химическую проблему, ученый как бы разматывает клубок и приходит к выводу на основе строения атома, это поразительным образом развивает логику и умение устанавливать правильные причинно-следственные связи.



Вернемся к переходным металлам. Они так названы потому, что находятся между s-элементами и p-элементами, создавая между ними «мостик». Как вы уже догадались, переходные металлы относятся к d-элементам, то есть электроны, которые участвуют в образовании химических связей этих элементов с другими, находятся на d-орбиталях (эти электроны принято называть валентными). В образовании связи также могут участвовать и s-орбитали.

Как уже было отмечено ранее, к переходным металлам относятся 38 элементов, плюс актиноиды и лантаноиды, что делает эту группу элементов самой крупной. Дать общую характеристику всем металлам группы почти невозможно, поэтому мы разбили ее на девять более маленьких подгрупп, в каждую из которых входят металлы, обладающие схожими свойствами.

# Подгруппа скандия (IIIБ)

В так называемую подгруппу скандия входят: скандий, иттрий, лантан, актиний. В первую очередь укажем на схожесть строения электронных оболочек атомов этих элементов. Ее можно выразить формулой $(n-1)d^1ns^2$. Из этого следует, что все эти металлы будут обладать валентностью равной III, а характерной степенью окисления для них является +3. В природе все эти металлы находятся вместе, поэтому отделить их — довольно сложная задача.

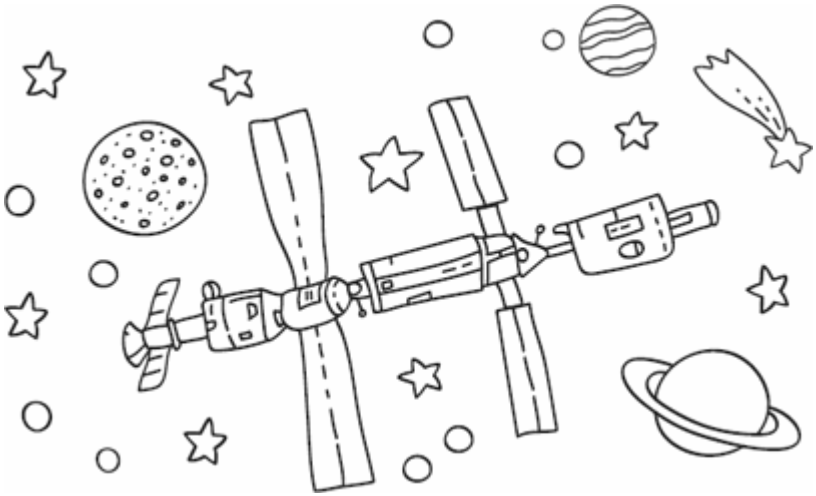
Y, La и Ac — серебристо-белые металлы, скандий же обладает желтоватым оттенком. Элементы этой подгруппы достаточно химически активны, по этому показателю их можно сравнить с магнием и кальцием. Например, при реакции оксида лантана $La_2O_3$ с водой выделяется больше тепла, чем при реакции оксида кальция CaO с водой. При нагревании все металлы этой подгруппы реагируют с молекулярным азотом, кислородом и многими другими веществами.

# Скандий. Металл для ракет

Мы уверены, что даже многие химики не так хорошо знакомы со свойствами этого металла. На то, конечно, есть веская причина: объем мирового рынка скандия составляет всего лишь 2–10 тыс. тонн в год! Ничего удивительного, что мы о нем слышим не так уж часто.

Существование скандия было предсказано Д. И. Менделеевым на основании периодического закона в 1871 году. Великий русский химик дал этому металлу название «эка-бор» из-за его сходства с бором. Спустя восемь лет профессор аналитической химии Нильсон полностью подтвердил экспериментом предсказания Менделеева, выделив скандий при изучении минералов эвксенита и гадолинита. Назвал же он новый элемент в честь места своего рождения — Скандинавии.

Скандий относится к рассеянным элементам. Стоит подчеркнуть, что скандий составляет лишь $6 \times 10^{-4}$ % массы земной коры. То есть на 1 тонну приходится примерно 10 г. Он входит в состав около 100 различных минералов. Самые крупные месторождения тортвейтита $(Sc,Y)_2Si_2O_7$ находятся в Норвегии и на Мадагаскаре. Незначительные количества скандия можно встретить даже в морской воде, а также в водорослях.



Скандий находит настолько широкое применение в различных отраслях науки и техники, что некоторые называют его «металлом XXI века». Он входит в состав различных сплавов, повышая их прочность и твердость. Поэтому их используют при конструировании ракет, автомобилей, высокоскоростных поездов и в авиакосмической промышленности. Скандий использовался при строительстве орбитальной станции «Мир» и МКС. Сплавы скандия обладают повышенной коррозийной стойкостью.

Еще более интересным с практической точки зрения является оксид скандия $Sc_2O_3$. Его используют для производства ламп высокой интенсивности. Также этот оксид обладает высокой каталитической активностью, поэтому применяется в качестве катализатора. Ювелиры же изготавливают из него фианит — искусственный аналог алмаза. С помощью оксида скандия возможно увеличить мощность солнечных батарей на 50 %. Другие соединения скандия используют в качестве активаторов в цветных телевизорах.

# Иттрий. Ну очень рассеянный

История открытия этого металла достаточно непроста. Все началось в 1794 году, когда Гадолин очистил гадолинит. Получив некую неизвестную землю, он дал ей название иттрия. Спустя 45 лет Мозандер разложил эту землю на оксиды трех элементов: иттрия, тербия и эрбия. Название свое иттрий получил в честь шведской деревни, вблизи которой Аррениус впервые нашел камень неизвестного состава, что послужило поводом для отправки его частей различным ученым того времени для анализа (Гадолин, вероятно, входил в их число). Чистый иттрий был получен в 1828 году Велером.

Иттрия в земной коре гораздо больше, чем скандия, его массовая доля составляет примерно $2{,}8 \times 10^{-3}$ %. В отличие от скандия, иттрий относится к редкоземельным элементам (рассеянным), собственных минералов он толком не имеет, напротив, чаще всего встречается в виде примесей к фосфоритам и апатитам.

Чистый металл применяется в качестве добавки к алюминиевым и магниевым сплавам, повышая их твердость. Важнейшей областью использования иттрия является промышленное производство полиэтилена, в этом процессе металл играет роль катализатора. Также стоит упомянуть, что иттрий содержащее соединение $YBa_2Cu_3O_{7-d}$, где $d < 0.7$, относится к сверхпроводникам, и оно заслуживает особого внимания, так как проявляет это интереснейшее свойство при температуре, которая выше температуры кипения жидкого азота. Из-за дешевизны жидкого азота этот материал считается достаточно перспективным. Да-да, сверхпроводники обычно проявляют свои сверхпроводящие способности при очень низких температурах. А это соединение проявляет сверхпроводимость в достаточно «теплых» условиях, по сравнению с другими.

Однако самым используемым соединением иттрия является

его оксид $Y_2O_3$. Он нашел применение в изготовлении керамики, устойчивой при высоких температурах. Им легируют хромовые стали, он входит в состав вольфрамовых электродов.

Этот элемент встречается не только на Земле: аппараты, посланные NASA на Марс, привезли экземпляры марсианских земель, где были обнаружены некоторые количества этого металла.

# Подгруппа титана (IVБ)

Второй будет рассмотрена подгруппа титана, в которую входят: титан, цирконий, гафний и резерфордий. Формула, которая опишет их электронное строение — $(n-1)d^2ns^2$, поэтому несложно догадаться, что в соединениях эти металлы имеют валентность равную IV, а наиболее устойчивой степенью окисления является $+4$.

Титан, цирконий и гафний — ковкие серебристо-белые металлы, которые становятся хрупкими и твердыми, если в них присутствуют примеси. При нагревании эти элементы очень химически активны. В измельченном состоянии они способны поглощать значительные количества водорода. Ti и Zr играют важнейшую роль в металлургии, о чем будет написано далее.

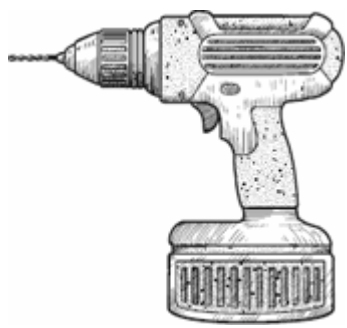
# Титан. В честь богов

Как вы уже, вероятно, догадались, речь пойдет о титане. Его соединения люди стали применять гораздо раньше, чем сам металл. Так, в ходе I Мировой войны тетрахлорид титана $TiCl_4$ использовали для создания дымовой завесы. Эта соль гидролизуется водой, содержащейся в воздухе, до оксихлоридов и оксида титана:

$$TiCl_4 + H_2O \rightarrow TiOCl_2 + 2HCl$$

$$TiCl_4 + 2H_2O \rightarrow TiO_2 + 4HCl$$

Увидеть данный процесс своими глазами можно в видео «Титан» на нашем YouTube-канале.



В мирное время оксид титана IV добавляют в продукты питания (он зарегистрирован в качестве пищевой добавки E171). Также примерно 57 % произведенного $TiO_2$ уходит на изготовление титановых белил. Интересно, что нитридом титана TiN покрывают сверла, а также купола современных храмов. Из другого бинарного соединения — карбида титана TiC изготавливают абразивные материалы. Диборид титана $TiB_2$ — важный компонент сверхтвердых материалов для обработки металлов. Это далеко не полный список тех соединений этого элемента, которые играют важную роль в различных областях техники.

Титан относится к распространенным элементам: он составляет 0,63 % массы земной коры. Стоит отметить, что на Земле этого металла больше, чем углерода. Рутил, состав которого отражает формула $TiO_2$, а также ильменит $FeTiO_3$ являются основными минералами, содержащими титан. Самородный титан в природе до сих пор не обнаружен.

Большая часть производимого титана расходуется на нужды ракетостроения, судостроения, авиационной промышленности. Из-за высокой устойчивости к коррозии на основе титана производят химические реакторы, трубопроводы и другие емкости, имеющие контакт с агрессивными средами. Более того, титан используют в качестве материала для изготовления протезов ввиду его биологической «безвредности». Этот металл входит с состав большого количества сплавов, которые применяются в различных областях жизни человека.

Интересно, что памятник Юрию Гагарину, стоящий в Москве на пересечении Третьего транспортного кольца и Ленинского проспекта, сделан из титана.

# Цирконий. Нерадиоактивный металл для ядерной энергетики

Цирконий входит в подгруппу титана и очень близок к нему по свойствам, ведь они оба стоят в IV группе ПСХЭ. Однако цирконий обладает рядом особенностей, неприсущих титану. Впрочем, обо всем по порядку.

Если элементы были бы людьми, то цирконий считался бы очень брутальным, но в то же время красивым мужчиной: это обусловлено сферами применения чистого металла. Как видно из названия, цирконий применяется в ядерной энергетике, однако не в виде топлива, а для изготовления трубок, в которых уже размещается топливо. Почему же именно цирконий? Все дело в том, что этот металл проницаем для нейтронов, которые поддерживают цепную реакцию деления ядерного топлива, а также способен выдерживать высочайшие температуры. А это, знаете ли, очень жесткие условия для работы, когда вокруг огромные потоки нейтронов, все нагрето до 300–600 °C, работа проходит под высоким давлением, да еще и рядом радиоактивный уран, который постоянно делится, расширяется и пытается разорвать трубку из циркония. Еще более «мужским» применением является производство трассирующих снарядов и зажигательных бомб. Сплавы, содержащие этот металл, способны выдерживать повышенные ударные нагрузки.

Циркония примерно в 37 раз меньше, чем титана, что составляет 0,017 % массы земной коры. В чистом виде он не встречается, а входит лишь в состав около 140 различных минералов, самыми важными для производства являются бадделеит $ZrO_2$ и циркон $ZrSiO_4$.

Красивейший минерал гиацинт с формулой аналогичной циркону ($ZrSiO_4$) был известен людям еще с древних времен, его использовали в ювелирном деле.

Как уже было отмечено ранее, цирконий помимо своей брутальности еще красив и галантен, любим женщинами. Так фианит — диоксид циркония, обладающий кубической кристаллической решеткой, является самым известным имитатором алмазов. Даже профессионалу достаточно сложно различить алмаз и фианит, ведь последний обладает схожим блеском и крайне высокой твердостью (9 по шкале Мооса, в то время как алмаз — 10). Впрочем, задача разрешима, если более тщательно исследовать спектр света или вес образцов.

Нельзя также не упомянуть широкое применение циркония в

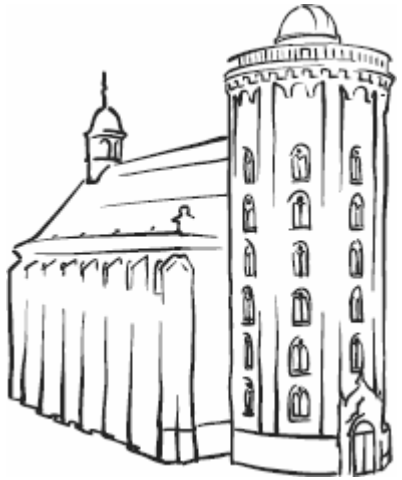
пиротехнике, ведь этот металл сгорает на воздухе, выделяя огромное количество тепла (4650 °C) и ослепительно яркого белого цвета, и, что очень важно — почти без дыма!

Ну и конечно же, металлический цирконий и его диоксид применяется в медицине. Из диоксида циркония делаются зубные протезы, которые на вид и по ощущениям не отличить от настоящих.

# Гафний. Брат циркония

Гафний — металл близнец циркония. Их химические свойства настолько похожи, что это вызывает трудности у химиков при их разделении, так как гафний всегда сопутствует цирконию в минералах. А разделять их надо.

Его области применения крайне узконаправленны: большая часть добываемого металла уходит на нужды атомной энергетики, так как гафний способен хорошо захватывать нейтроны. Да, это свойство все же используется, когда требуется заглушить ядерную реакцию в реакторе. Большое значение для аэрокосмической промышленности играют такие соединения гафния как: карбид и борид (HfC и $HfB_2$ соответственно), из них изготавливают сверхтвердые и очень износоустойчивые материалы для ядерных реактивных двигателей и сопел ракет. Важно, что энергия, требуемая на отрыв последнего электрона (энергия ионизации) из атома гафния достаточно низка, поэтому этот металл идеально подходит для использования в плазменных горелках!



Названием элемент обязан тому городу, где он был открыт, то есть Копенгагену. Читатель спросит: «Чем столица Дании похожа на гафний?», а мы ответим: «Hafnia — старинное название этого города». Открыт гафний был в 1923 году двумя датчанами Костером и Хевеши, которые исследовали руды, содержащие цирконий.

В природе гафния гораздо меньше, чем циркония. В свободном состоянии он пока обнаружен не был, правда, является постоянной примесью в рудах, богатых его младшим братом (обычно не больше 4 % по массе).

# Подгруппа ванадия (VБ)

Закончив описание подгруппы VIБ, поговорим о подгруппе ванадия. В нее входят такие металлы, как: ванадий, ниобий, тантал и дубний. Для элементов этой подгруппы наиболее устойчивой и распространенной степенью окисления является +5. Ванадий и его соединения на данный момент применяются гораздо шире, чем остальные элементы этой подгруппы, однако стоит отметить быстрый рост областей, использующих ниобий и тантал.

Все рассматриваемые металлы обладают высокой устойчивостью к действию кислот и щелочей, особенно это характерно для Nb и Ta. Если измельчить эти металлы и нагреть до определенных температур, то они будут реагировать с кислородом, серой, азотом и галогенами.

# Ванадий. Открытый дважды

Ванадий относится к рассеянным элементам и встречается в виде примесей к рудам, которые содержат Fe, Pb и Ti. К важнейшим минералам, в состав которых входит ванадий, относятся патронит $VS_2$ и ванадинит $3Pb_3(VO_4)_2 \times PbCl_2$. Ванадий составляет примерно 0,015 % массы земной коры.

Процесс выделения чистого ванадия можно отнести к многостадийным. Интересно, что примерно половину всего ванадия получают из железных руд, содержащих этот металл в виде примеси. Сначала из обогащенной руды получают чугун, в состав которого входит ванадий. Далее чугун перерабатывают в сталь, получая шлаки, содержащие $FeVO_4$, потом ванадат железа прокаливают с NaCl в присутствии кислорода:

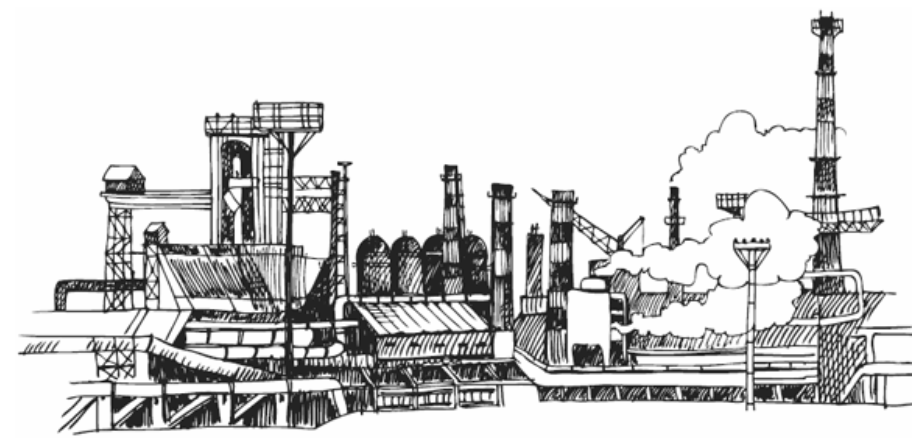
$$4FeVO_4 + 4NaCl + O_2 \rightarrow 4NaVO_3 + 2Fe_2O_3 + 2Cl_2$$

Полученный метаванадат натрия ($NaVO_3$) обрабатывают разбавленной серной кислотой, переводя его в $V_2O_5$. Далее пентаоксид ванадия подвергают алюмотермии, с целью получения чистого металла.

Стоит упомянуть также и историю открытия этого элемента. Его открывали дважды! В 1801 году в Мехико профессор минералогии **Андрес Мануэль дель Рио** получил соли и оксиды неизвестного металла, исследуя свинцовую руду. Однако химики из Европы усомнились в достижениях своего коллеги. Сам же ученый провел повторные эксперименты и пришел к неутешительному выводу: он имел дело просто с хромом низкой степени чистоты. Спустя 30 лет шведский ученый Сефстрем, работавший под руководством великого химика того времени

Берцелиуса, повторно открывает ванадий в составе чугуна. Ученик и учитель назвали элемент в честь богини скандинавской мифологии, которая имела два имени: Фрейя и Ванадис. К счастью, А. М. дель Рио был в то время еще жив и мог убедиться в своей правоте даже спустя столько времени.

Самой важной областью применения чистого ванадия является производство стали. Этот металл улучшает все механические характеристики, более того, можно наблюдать повышение вязкости производимой стали. Также ванадий относится к элементам-раскислителям (они понижают растворимость кислорода в сплаве). По этой способности ванадий уступает только кремнию.



Наиважнейшим соединением, в состав которого входит ванадий, является его высший оксид — $V_2O_5$. Его применяют в качестве катализатора при производстве серной кислоты (в процессе окисления $SO_2$ до $SO_3$). Некоторые соли этого металла применяют в медицине из-за их антисептических свойств.

Ванадий может существовать в различных степенях окисления: $+2$; $+3$; $+4$; $+5$. Они окрашивают раствор в фиолетовый, зеленый, голубой и желтый цвета соответственно.

Купить этот металл можно в среднем по цене 7 тыс. рублей за 1 кг.

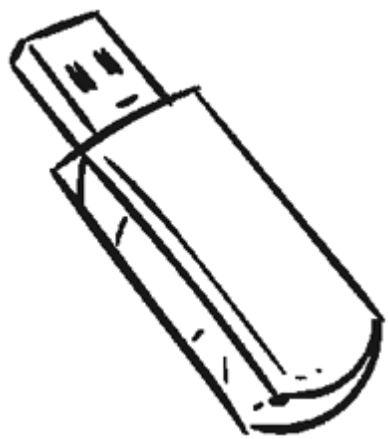
# Ниобий. Металл острых ощущений

Ниобий, как и ванадий, относится к рассеянным, следовательно, встречается в виде примесей к рудам, толком не имея «собственных» минералов, наиболее важное исключение — минерал колумбит $Fe(NbO_3)_2$, реже встречается пирохлор $(Ca,Na)_2Nb_2O_6(OH,F)$. Самородный ниобий до сих пор не был обнаружен.

Промышленное получение чистого ниобия — очень сложный, многостадийный и дорогостоящий процесс. Сложность обусловлена в первую очередь высокой рассеянностью элемента, а также большим количеством самых разнообразных примесей.

Ниобий применяется в качестве легирующей добавки к сталям, повышая в несколько раз их прочность и пластичность, одновременно понижая хрупкость.

Интересно, что этим металлом можно легировать и алюминий, значительно повышая его химическую стойкость (например, устойчивость к воздействию щелочи).



Официально годом открытия ниобия принято считать 1801, когда английский химик Гатчет исследовал отправленный ему из Америки минерал. Однако достаточно долгое время после открытия ниобия его путали с танталом, элементом этой же подгруппы. В 1844 году немецкий химик Розе установил, что чрезвычайно похожие тантал и ниобий — два разных элемента. Спустя еще двадцать лет Де Маригнак смог выделить ниобий, не содержащий тантал, нагревая хлорид ниобия в атмосфере водорода.

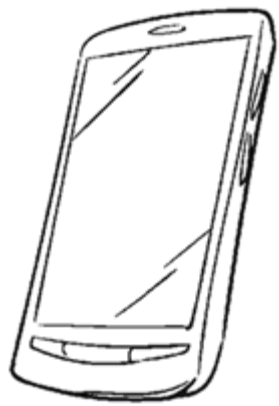
Сверхпроводники на основе ниобия применяются в аппаратах

для МРТ, так что вполне справедливо утверждение, что ниобий играет важнейшую роль в современных устройствах.

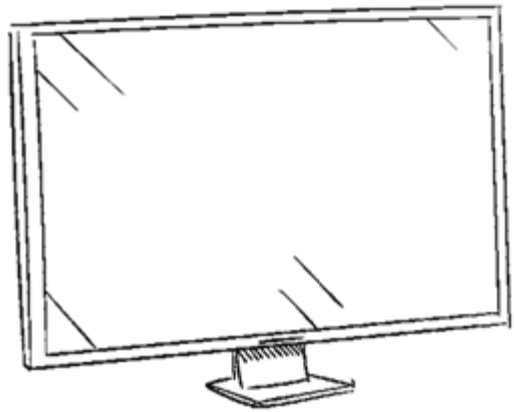
# Тантал. Металл для лабораторной посуды

Тантал играет важнейшую роль во всей современной электронике, однако обывателю о нем известно немного, если не сказать совсем ничего.

Он относится к рассеянным элементам. На сегодняшний день науке известно около 80 минералов, в состав которых входит этот переходный металл. Несмотря на такое обилие минералов тантал составляет лишь $2 \times 10^{-4}$ % массы земной коры, и уж никак нельзя назвать его распространенным. Мы бы хотели обратить внимание читателя на очень красивый минерал танталит состава $Fe(TaO_3)_2$.



Как уже видно из подзаголовка, тантал чрезвычайно важен химикам, как в лаборатории, так и на заводах: им покрывают химическую посуду, а также внутренние стенки некоторых реакторов, в которых находятся агрессивные (с химической точки зрения) вещества. Это обусловлено очень высокой химической стойкостью тантала. Читатель, вероятно, еще не знает, что платина обладает также очень высокой химической стойкостью, правда, она в разы дороже тантала.



Почти все мы пользуемся такими электронными устройствами как компьютер, мобильный телефон, телевизор. Но не все пользователи современных устройств знают, что для этих приборов важны конденсаторы, которые на данный момент производят из тантала. Они обладают очень хорошими техническими характеристиками. Отличительными особенностями являются высокая удельная емкость и малые габариты.

Рассказывая о тантале, нельзя забывать про то, что он не вызывает серьезного отторжения организмом человека. Поэтому из него изготавливают пластинки и стержни для восстановительной хирургии.

Интересно, что сплавы танатала с вольфрамом и молибденом обладают повышенным электросопротивлением, что обусловило их использование при изготовлении термопар.

Если вы хотите узнать больше об этих устройствах, а также посмотреть на то, как они работают — посмотрите видео на нашем YouTube — канале «Термопара».

# Подгруппа хрома (VIБ)

Эту часть главы можно было бы назвать «Металлы для промышленности», ведь рассматриваемые ниже элементы используются для изготовления бесчисленного множества вещей, которые повседневно окружают нас.

Металлы данной подгруппы обладают широким спектром степеней окисления, наиболее устойчивые из них +3 и +6. В подгруппу VIБ входят хром, молибден и вольфрам — белые блестящие металлы.

В первую очередь хотелось бы отметить выдающиеся «успехи» в твердости и тугоплавкости, среди этих металлов есть и рекордсмены, о чем вы можете прочесть ниже.

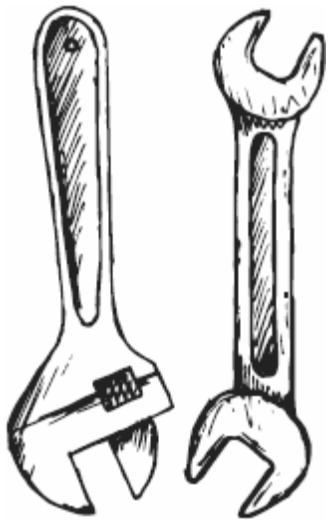
# Хром. Кусочек радуги на земле

Если вы знаете греческий язык, то, вероятно, уже догадались, что речь пойдет о хроме. Тот, кто им не владеет, сможет найти пояснение ниже.

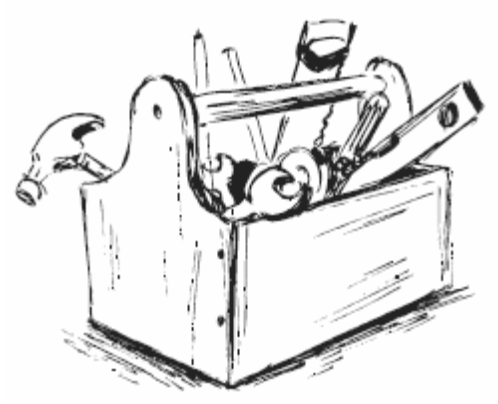
Хром был открыт Вокеленом в 1797 году во время исследования минерала крокоита. Ученый, изначально ссылаясь на своего коллегу Биндгейма, предполагал наличие в минерале молибдена, однако со временем осознал ошибочность своего предположения. Тогда он измельчил кристалл, прокипятил его с поташем (карбонатом калия $K_2CO_3$), тем самым отделив нерастворимый в воде карбонат свинца ($PbCO_3$). Из полученного раствора ученый выкристаллизовал соль рубиново-красного цвета, из которой получил чистый хром и его оксид. Название же свое хром получил из-за ярких цветов своих соединений (χρωμα — «цвет» в переводе с греческого).

В первую очередь хром используют в качестве легирующей добавки к разным сталям. Он повышает устойчивость стали к

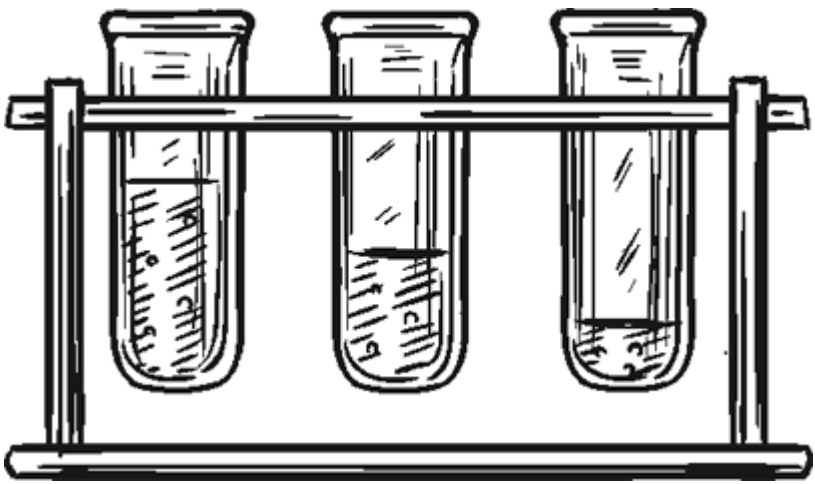
коррозии, а также улучшает ее способность переносить высокие температуры. Самая распространенная марка нержавеющей стали содержит 18 % Cr, 8 % Ni и около 0,1 % C. Именно из нее был изготовлен в 1937 году памятник «Рабочий и колхозница», который стоит и по сей день в Москве близ северного входа ВДНХ. Сплав никеля и хрома, называемый «нихромом», применяется для изготовления лопаток газовых турбин из-за своей способности переносить большие нагрузки при повышенных температурах. В хирургии же нашел свое применение сплав кобальта, хрома и молибдена.



Если у вас дома есть инструменты и среди них есть гаечные ключи, то вы наверняка увидите на них маркировку «Crome — Vanadium». Если, конечно, они сделаны не из китайского силумина. Силумин — это дешевый и непрочный сплав кремния и алюминия, из которого в Китае делают все подряд. Возвращаясь к хромванадиевым сталям, отметим, что из них делают не только гаечные ключи, но и качественные отвертки, пассатижи, пильные диски и другие инструменты. Метка «Crome — Vanadium» говорит о качестве и прочности изделия.



Хром относится к распространенным элементам, составляя $3{,}5 \times 10^{-2}$% массы земной коры. Важнейшими минералами, в состав которых входит этот металл, являются хромистый железняк $FeO \times Cr_2O_3$, а также необычайно красивый крокоит, имеющий состав $PbCrO_4$.



Хром относится к биогенным элементам и принимает непосредственное участие в обмене жиров, белков и углеводов. Повышение холестерина в крови может быть связано с недостаточным количеством хрома в организме.

# Молибден. Словно создан для промышленности

Молибден сыграл важную роль в Первой мировой войне, а сегодня он применяется в самых различных отраслях производства, в основном благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам.

Молибдена в земной коре значительно меньше, чем хрома, находящегося с ним в одной группе. Он встречается только в составе различных соединений. Минералы, в состав которых входит этот металл, встречаются в полиметаллических рудах (руды, содержащие целый ряд химических элементов, важнейшие из которых — цинк и свинец).

В 1778 году Шееле, уже известный читателю как первооткрыватель хлора и марганца, получил оксид молибдена $MoO_3$, а по прошествии двенадцати лет Гьельме сообщил об удачном эксперименте, в ходе которого ему удалось восстановить металл из его оксида. К сожалению, тот образец не обладал нужной степенью чистоты. Лишь через 27 лет непревзойденный мастер Берцелиус смог выделить чистый молибден, дав ему название, которым мы пользуемся и по сей день.

Как отмечалось ранее, молибден — очень нужный

промышленности металл. Этот факт можно объяснить тем, что молибден сочетает в себе высочайшую прочность и хорошую тугоплавкость. Этим металлом легируют стали, улучшая их вязкость, прокаливаемость, коррозийную стойкость и другие важные показатели, поэтому из этих сплавов изготавливают подчас самые «ответственные» части различных механизмов. Например, каркасы сверхзвуковых самолетов, головные части ракет состоят из сплавов, содержащих молибден и ниобий. Интерес представляет исторический факт, что немецкая 420-мм мортира «Большая Берта» времен Первой мировой войны была изготовлена из сплава, содержащего молибден, если же в состав сплава не входил этот металл, то сталь плавилась при выстреле из-за очень высокой температуры.

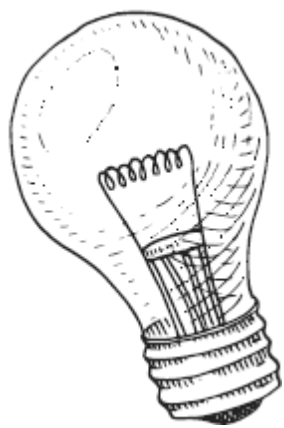
Науке известно по меньшей мере пятьдесят ферментов на основе молибдена, встречающихся в животных и растениях. Нитрогеназа — катализатор преобразования атмосферного азота в аммоний $NH_4^+$ в растениях, содержит в своем составе молибден.

# Вольфрам. По полю танки грохотали

На очереди еще один очень суровый металл, который применялся во время II Мировой войны по всему миру. Более того, этому металлу принадлежит рекорд тугоплавкости. Встречайте, вольфрам!

Во время II Мировой войны крупнейшим европейским поставщиком вольфрама являлась Португалия, поэтому на нее оказывали давление обе противоборствующие стороны: СССР и фашистская Германия. Этот металл был прекрасен для производства противовесов в артиллерийских снарядах, пулях. Правда говоря, с помощью этого металла не только убивали, но и защищали солдат: из него изготавливали танковую броню, важнейшие части самолетов и двигателей.

Известен вольфрам, а точнее его минералы, с XIV века. Важнейшими минералами вольфрама являются уже известный читатетлю Шеелит $CaWO_4$ и вольфрамит состава $(Fe,Mn)WO_4$. Самородный вольфрам пока не обнаружен, да и не будет, скорее всего.



Помимо феноменальных заслуг в военном деле, вольфрам очень важен и в быту. Большинство лампочек накаливания имеет нить накаливания, сделанную из этого металла. На то есть причина — тугоплавкость. Металл плавится при температуре в 3422 °C, а также высокая пластичность. Из 1 килограмма вольфрама можно сделать 23 тысячи лампочек!

Особого внимания заслуживают сплавы на основе этого металла. Они могут быть жаропрочными, химическими стойкими, твердыми — почти на любой вкус. А объясняется это тем, что вольфрам образует сплавы почти со всеми металлами. Карбид

вольфрама WC отличается высочайшей износоустойчивостью и твердостью. Его используют в горнодобывающей промышленности, машиностроении. И нет, туалеты из него не делают.

# Подгруппа марганца (VIIБ)

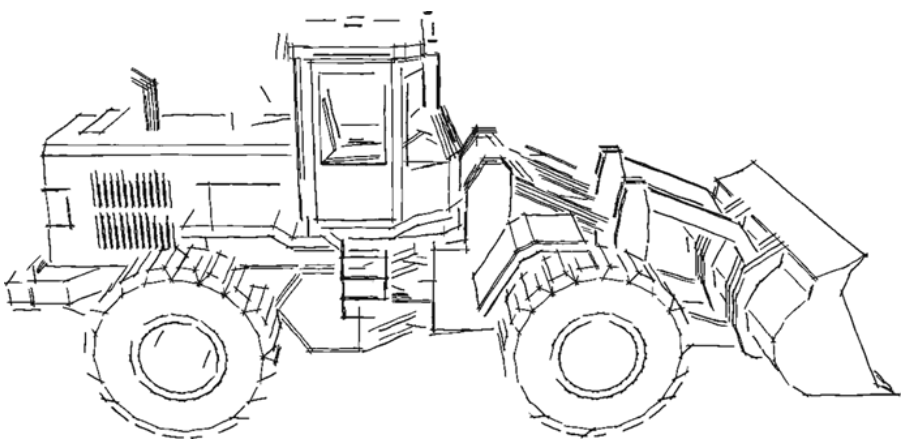
Обсудив титанов промышленности, можно перейти к подгруппе, в которой находятся 2 металла, которые чрезвычайно важны для медицины. Впрочем, обо всем по порядку. В подгруппу марганца входят: марганец, технеций и рений. В соединениях рений и технеций проявляют степень окисления $+7$, в то время как для марганца характерны $+2$, $+4$, $+6$ и $+7$.

Эти металлы достаточно тугоплавки, обладают серебристо-белым цветом, устойчивы к окислению кислородом воздуха.

# Марганец. Еще один в коллекции

Карл Шееле в 1774 году выступил в Стокгольмской академии наук с докладом «Относительно марганца и его свойств». В ходе своего выступления ученый поведал об открытии двух новых элементов: марганца и бария. Однако выделил марганец в чистом виде **Иоганн Ган**, прокалив измельченный очищенный пиролюзит с углем. Стоит подчеркнуть, что провел он этот опыт по просьбе своего коллеги К. Шееле. Мы назвали эту часть главы про переходные металлы «Еще один в коллекции» потому, что Шееле открыл не только марганец, но и хлор.

Марганца в земной коре примерно в 2,6 раз больше по массе, чем хрома, то есть он составляет примерно $9 \times 10^{-2}$ % массы земной коры. Встречается же преимущественно в составе минерала пиролюзита, исследованием которого занимались Шееле и Ган.



Сталь Гадфилда — сплав, в состав которой входит только железо, углерод и марганец, обладает чрезвычайной износостойкостью. Это обусловило области ее применения: дробилки, бульдозеры, экскаваторы, землеройные и камнедробительные установки. Интересно, что она настолько прочна, что не поддается обработке, поэтому все детали приходится отливать сразу. Но этот факт также накладывает определенные трудности при производстве таких деталей.

Из соединений марганца нашли свое место в первую очередь перманганат калия $KMnO_4$ и диоксид марганца $MnO_2$. Первый известен нам, как мощнейший антисептик. Это свойство можно объяснить тем, что марганец в составе этого соединения проявляет свою максимальную степень окисления +7, являясь

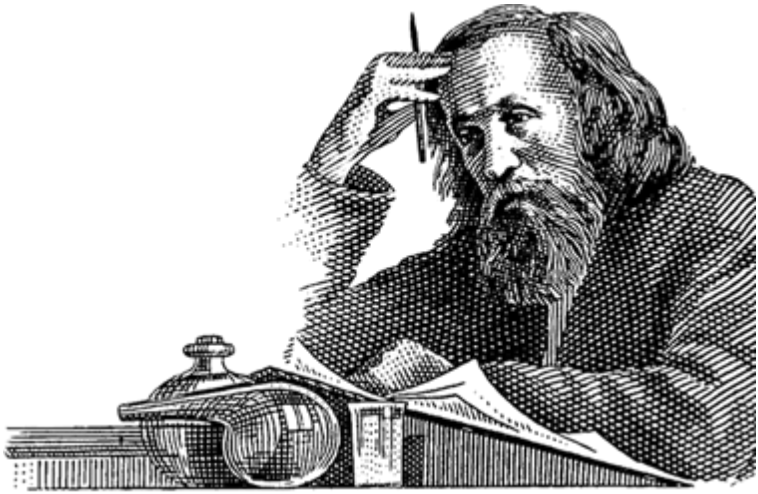
хорошим окислителем. Это же свойство обеспечило перманганату одну из ведущих позиций среди окислителей как в лаборатории, так и на производствах. Диоксид марганца в свою очередь используется в гальванических элементах.

Стоит также обратить внимание читателя на тот факт, что марганец входит в состав ферментов, необходимых для формирования костей, соединительной ткани, роста. Более того, сульфат марганца ($MnSO_4$) спас уже, возможно, не один десяток человеческих жизней: его используют для лечения малокровия.

# Технеций. Свой среди чужих, чужой среди своих

Наконец-то произошла эта встреча — встреча с радиоактивностью! Первое наше знакомство с этим опасным и в то же время полезным явлением происходит, когда речь заходит о технеции. Этот радиоактивный металл удивительным образом попал в то место ПСХЭ, где располагаются одни из самых стабильных и используемых человеком элементов. И на самом деле, это одна из аномалий периодического закона. Все элементы вокруг имеют стабильные изотопы, а технеций — нет. Все его изотопы радиоактивны.

Еще в 1871 году великий русский химик Д. И. Менделеев предсказал существование элемента под номером 43 с атомной массой близкой к 100, дав ему название «эка-марганец». На протяжении большого периода времени разные ученые сообщали об открытии этого элемента, но все их попытки оказались тщетны. В 1936 году Лоуренс из Калифорнийского университета послал своему коллеге Сегрэ в Италию образец молибдена, который в течение нескольких месяцев облучали в циклотроне жесткими дейтронами (ядрами изотопа водорода — дейтерия). Сегрэ и Перрье заметили, что посланный им образец радиоактивен, поэтому активную часть они решили выделить. Надо отдать должное мастерству ученых, ведь масса полученного ими вещества составляла $10^{-10}$ грамма! Так и был открыт впервые один из изотопов технеция.



До 1962 года бытовало небезосновательное мнение, что технеций не встречается в природе, а является лишь продуктом деятельности человека, впрочем, само название переводится с греческого как «искусственный». Однако в 1962 году были обнаружены следовые количества технеция в уранините (минерал состава $UO_2$ с примесью $U_3O_8$), который был добыт на территории современной Демократической Республики Конго.

Один из самых распространенных изотопов технеция $^{99m}Tc$ играет ключевую роль в ядерной медицине и применяется в 50 различных методах диагностики. Это обусловлено тем, что этот изотоп претерпевает β-распад, не испуская γ-излучение, более того, период полураспада составляет всего шесть часов.

Технеций встречается не только на Земле, ученые зафиксировали спектроскопическими методами содержание этого радиоактивного металла на некоторых звездах. Однако стоит отметить, что на Земле не осталось ни одного атома технеция, которые были во времена зарождения планеты, из-за небольшого периода полураспада. Они просто давно распались. Те же атомы технеция, что сейчас мы можем найти на Земле, появляются за счет деления ядер урана и являются одним из дочерних продуктов его деления.

# Рений. Супружеский труд

Обратимся к Периодической таблице химических элементов. В ней ровно под технецием располагается металл, который стал последним открытым нерадиоактивным элементом. И это не смотря на тот факт, что еще Д. И. Менделеев предсказывал его существование, дав ему название дви-марганец. Тем самым великий русский ученый подчеркнул схожесть химических свойств марганца и рения.

Если вы задумаетесь на секунду, где человек может повстречать в повседневной жизни рений, то, скорее всего, ответ будет «нигде». И вы будете отчасти правы, так как в чистом виде рений почти нигде не используется, чего нельзя сказать о сплавах на его основе. Они широко используются в промышленности и металлургии. Последнее время эти сплавы занимают свое место в авиастроении, строительстве. Впрочем, обо всем по порядку.

Интересно, что пальма первенства по тугоплавкости среди металлов принадлежит вольфраму, а вот металл, кипящий при самой высокой температуре — рений. Температура кипения составляет 5596 °C!

Рений — один из самых редких и рассеянных элементов: массовая доля этого металла составляет лишь $10^{-7}$ %!!! Не удивительно, что потребовалось так много времени на его открытие. В свободном состоянии он не существует. Рений является примесью к рудам различных металлов, например, молибдениту $MoS_2$.

Один из самых дорогих металлов на планете, цена на который составляет примерно 3734 доллара США за килограмм, был открыт в 1925 году супружеской парой Ноддак. Они проработали свыше 1600 образцов и наконец достигли успеха! 5

сентября 1925 года они сообщили об открытии нового элемента.

# Семейство железа (VIIIБ)

Внимательный читатель заметил, что вместо привычной «подгруппы», мы назвали эту часть главы семейством. Почему? Потому, что ученые тоже люди и им не чужды семейные ценности. А если серьезно, то так однажды договорились химики, вероятно, из-за чрезвычайного сходства элементов, входящих в эту подгруппу.

Железо, кобальт и никель — важнейшие металлы, обладающие не только интересной «химией», но и нестандартными физическими свойствами. Самыми распространенными степенями окисления являются $+2$ и $+3$, правда, никель проявляет в основном первую. Интересно, что эти элементы при не очень высоких температурах (а никель даже при температуре красного каления) устойчивы к воздействию сильнейшего окислителя — фтора. Образующиеся фториды этих металлов нелетучи, поэтому образуют защитный слой, который не дает протекать реакции. В связи с этим из никеля изготавливают аппаратуру для работы в среде фтора.

# Железо. Металл, знакомый с детства

Если попросить ребенка назвать что-нибудь связанное с металлом, то с очень большой вероятностью он упомянет в своем ответе железо. С помощью этого мысленного эксперимента можно прийти к выводу, что железо относится к самым популярным и хорошо известным нам металлам. Это обусловлено в первую очередь его чрезвычайной распространенностью и очень широким кругом областей применения.

Железо занимает четвертое место по распространенности в земной коре, составляя примерно 4,65 % от общей массы. Тот факт, что железо встречается как в самородном виде, так и в составе различных минералов и руд, заслуживает особого внимания. Железо в чистом виде преимущественно имеет метеоритное прошлое, однако известны и случаи вынесения самородного железа из недр земли расплавленной магмой. Большая же часть этого металла входит в состав различных руд и алюмосиликатов.

Железо известно человеку с глубокой древности. Применение ему находили уже древние Египтяне, выделяя его из руд при помощи угля, но изначально люди познакомились с железом метеоритного происхождения. Об этом свидетельствует этимология слов, которыми они называли железо: «Небесная руда», «Капнувшее с неба» и т. д.

Больше всего железа уходит на изготовление чугуна и стали. Сталь — сплав железа с углеродом, а также другими легирующими добавками (Cr, Ni, Mn, Ti, Si). Процентное содержание углерода в ней варьируется от 0,1 до 2,14 %. Чугун — сплав железа с углеродом, массовая доля которого превышает 2,14 %, а также в состав которого входят небольшие количества серы и фосфора, иногда кремния. Чугун отличается от стали большей хрупкостью и меньшей ковкостью.

Нельзя обойти стороной важность железа в живых организмах. Этот металл входит в состав гемоглобина — белка, ответственного за обмен кислорода и углекислого газа у животных.

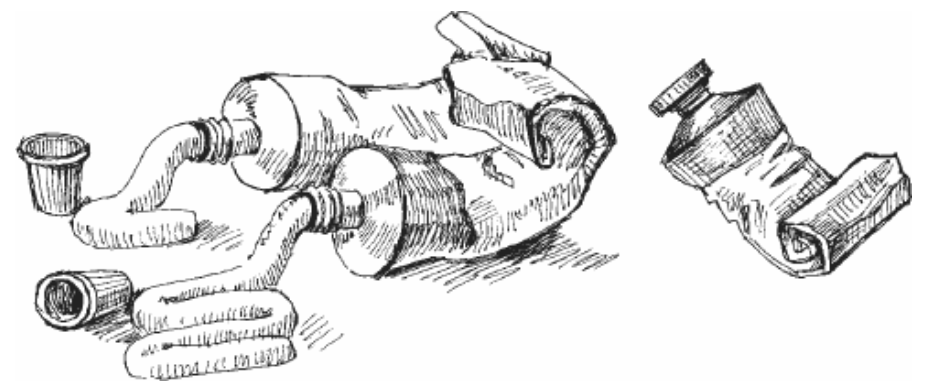
Железо — конечный продукт термоядерного синтеза элементов в звездах. Также, по убеждению большинства ученых, ядро Земли состоит из этого металла.

# Кобальт. Краски древности

Соединения кобальта использовались с незапамятных времен разными цивилизациями для окрашивания стекол в синий цвет. Упоминания об этом металле можно встретить и у различных алхимиков. Первооткрывателем же принято считать Брандта, который впервые описал кобальт в 1735 году. Выделен, однако, в чистом виде этот металл был уже другим ученым — Берцелиусом.

По сравнению со своим собратом железом кобальт очень мало распространен на Земле и составляет лишь $3 \times 10^{-3}$ % массы земной коры. Самородного кобальта в природе нет, правда, он встречается, как и железо, в составе различных железных метеоритов. Важнейшим минералом кобальта является кобальтин, химический состав которого отражает формула CoAsS.

Большое количество постоянных магнитов содержат от 0,5 до 4 % этого переходного металла. Чистый кобальт сохраняет свои магнитные свойства до температуры в 1121 °C! Это очень выдающийся показатель.



Различные соли кобальта используются в стекольной и лакокрасочной промышленности. Другие соли применяют в качестве микроудобрений и для подкормки животных. Силицид кобальта (CoSi) — очень хороший термоэлектрический материал, который позволяет производить термоэлектрогенераторы с повышенным коэффициентом полезного действия. Кобальтат лития $LiCoO_2$ используется как катод для производства литиевых аккумуляторов.

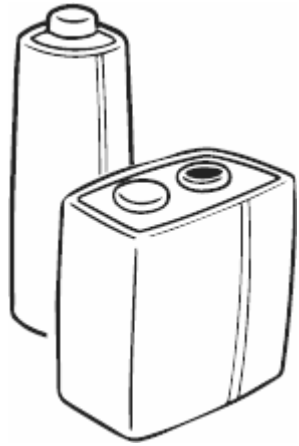
Не стоит также забывать и биологической роли металла под номером 27. Он входит в состав витамина B12, участвует в процессах кроветворения. 15 мг — примерно такое количество кобальта находится в человеке массой 75 кг.

# Никель. Ваши пять центов, мистер Кронштедт

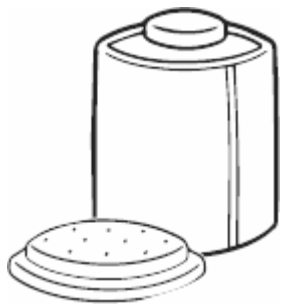
Знатоки английского языка, вероятно, уже догадались, что речь пойдет о никеле — металле, в честь которого названа американская монета номиналом в пять центов.

Достаточно сложно найти изделие, выполненное из чистого никеля, однако любая нержавеющая сталь содержит в себе этот металл. Он повышает коррозийную стойкость сплава, а также увеличивает его вязкость. Экспериментально доказано, что из одного килограмма никеля возможно изготовить провод длинной в 300 км! Из-за этого сплавы, содержащие никель, используют при производстве брони, кто знает, возможно, некоторые солдаты обязаны этому металлу жизнью. Как уже было отмечено ранее, никель входит в состав сплава, из которого чеканят монеты, в том числе и американский «никель». Как это ни парадоксально, массовая доля никеля в этой монете составляет примерно 25 %, остальное же приходится на медь. Несколько тысяч — такое количество никелевых сплавов использует человечество на сегодняшний день.

Открыт никель был случайно в 1751 году шведским минерологом Кронштедтом, который предпринимал попытки выделить медь из никелина NiAs. В ходе своих экспериментов он получил металл белого цвета, который назвал никелем.



В 1900 году Томас Эдисон изобрел железоникелевый аккумулятор. С тех пор оксиды никеля применяются в качестве катодов в самых различных химических источниках тока, в то время как соединения этого металла используются в производстве щелочных аккумуляторов.



К сожалению, никель является основной причиной аллергии на металлы, в связи с чем был признан в 2008 году Американским обществом контактного дерматита «Аллергеном года».

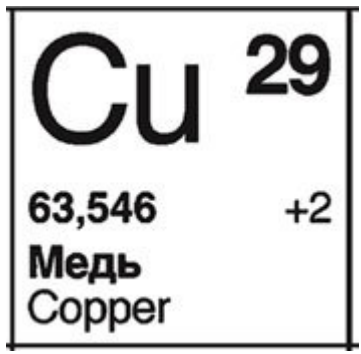
# Подгруппа меди (IБ)

Оставим же наши разговоры о родственных связях среди элементов и продолжим наше путешествие по самой крупной и разнообразной группе химических элементов — переходным металлам. На очереди подгруппа меди, в которую входят помимо нее серебро и золото. Можно было бы назвать эту группу «олимпийской», ведь бронза — сплав меди с оловом.

Серебро в соединениях проявляет степень окисления $+1$, для меди наиболее устойчива $+2$, а для золота, как известно, $+3$. Эти металлы известны человечеству с незапамятных времен, так как встречаются часто в свободном состоянии. У этих металлов отличны не только наиболее устойчивые степени окисления, но и внешний вид: медь имеет красноватый оттенок, серебро в свою очередь является образцом металлического блеска, а золото окрашено в желтый цвет.

# Медь. Металл для проводов

Медь известна человеку с древности. Археологи до сих пор находят на территории древнего Египта различные изделия, сделанные из этого металла. Недаром в честь меди названа целая эпоха в истории культурного развития человечества — медный век.




Электротехническая промышленность — самый крупный потребитель чистой меди. Около 65 % этого металла уходит на производство проводов, а также других изделий этой отрасли промышленности, в том числе полупроводниковых материалов, микрочипов и т. п. Другой важнейшей областью применения меди является изготовление труб, это обусловлено бактериостатическими свойствами металла, а также его ковкостью и коррозийной стойкостью.

Латуни — сплавы меди с цинком, легированные иногда оловом, используются при производстве патронных гильз, медалей, различных технологических аппаратов. К важнейшим сплавам меди относится бронза, которой люди нашли применение еще давным-давно. Бронза состоит из меди и олова в соотношении примерно 9 к 1 по массе. Ее открытие оказало большое влияние на ход истории и развитие человечества. Сегодня из этого сплава производят долговечные пружины, чеканят монеты.

На Земле встречается самородная медь. Наиболее крупные самородки весили сотни килограммов. Важнейшими минералами меди являются халькопирит $CuFeS_2$, халькозин, состав которого отражает химическая формула $Cu_2S$, а также малахит, состоящий из основного карбоната меди $Cu_2(OH)_2CO_3$, который может сделать дома любой желающий, смешивая пищевую соду $NaHCO_3$ и медный купорос $CuSO_4 \times 5H_2O$.

**«Медный всадник»**

Медь необходима всем высшим растениям и животным, она входит в состав большого количества ферментов (биологических катализаторов), однако для членистоногих и брюхоногих моллюсков медь просто жизненно необходима, ведь она является частью гемоцианина, который выполняет у этих животных роль, принадлежащую гемоглобину у человека.

Медный купорос $CuSO_4 \times 5H_2O$ применяется в качестве удобрения, так как медь участвует в процессе фотосинтеза, а также помогает растениям усваивать азот, синтезировать белки и сахара.

# Серебро. Белое золото

Пришла пора поговорить о металле, который известен человеку уже больше семи тысяч лет! в честь которого назван целый век. Да-да, вы не ошиблись, речь пойдет о серебре.

Серебро, как и золото с медью, составляет так называемую подгруппу меди. В земной коре серебра примерно в 470 раз меньше, чем меди, однако примерно в 5000 раз больше, чем золота. Серебро встречается преимущественно в составе различных сульфидных минералов, наиболее распространенным является «серебряный блеск» ($Ag_2S$). Самородного серебра однако в природе не так уж много.

В организме взрослого человека находится в среднем несколько десятых одного грамма. Суточная норма потребления составляет 7 микрограмм в сутки (7 микрограмм = $7 \times 10^{-6}$ грамм). Соединения серебра токсичны, поэтому при отравлении следует промыть немедленно желудок раствором пищевой соли, то есть хлорида натрия NaCl, для того, чтобы связать катионы серебра $Ag+$ в нерастворимый в воде хлорид серебра AgCl (стоит отметить, что абсолютно нерастворимых соединений не существует).

Серебро можно назвать рекордсменом среди всех металлов в области электро- и теплопроводности, этим фактом и обусловлены сферы применения этого металла: около 35 % добытого серебра уходит на нужды электротехники. С древних времен серебро использовали для изготовления монет, ведь этот металл достаточно устойчив к окислению, однако уступает в этом

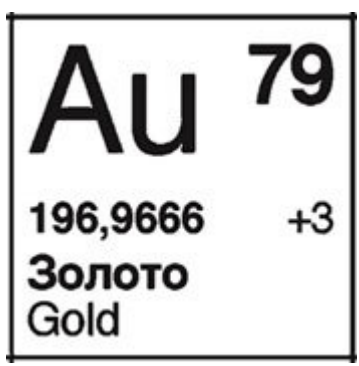
показателе золоту (его применяли в меньших количествах из-за крайне высокой стоимости). Читатель, вероятно, спросит: «А как же ювелирное дело?». А мы ответим, что лишь 6 % серебра уходит на производство украшений, а также упомянем, что серебру свойственно тускнеть, что очень нежелательно для ювелиров. Из-за того, что серебро было открыто значительно позже золота, оно ценилось выше последнего до середины 2 тысячелетия до н. э.

Серебро — крайне тягучий металл и уступает в этом только золоту: 29,8 г серебра можно растянуть почти на 2,5 километра! Перечисляя интересные факты, мы так увлеклись, что забыли упомянуть важность серебра для любителей красивых фотографий, галогениды серебра играют значительную роль в фототехнике.

# Всем элементам голова

На очереди металл, не требующий отдельного представления, ведь он знаком каждому из нас с детства. Мы его встречали в сказках, потом на уроках истории, взрослые люди много раз видели его в ювелирных магазинах.

Принято считать, что именно золото стало первым металлом, с которым познакомился древний человек. Естественно, те золотые предметы, которые находят археологи, сделаны из золота с большим количеством примесей в виде серебра и меди. Почему древние люди стали использовать среди прочих металлов первым этот? Во-первых, оно встречается в свободном состоянии, поэтому не составляет особого труда его добыть. Во-вторых, золото не окисляется кислородом воздуха, а следовательно не тускнеет, что делает его идеальным металлом для ювелирного дела. В-третьих, золото очень тягучее и ковкое, поэтому из него было удобно изготавливать оружие. Очень важную роль сыграла его повсеместная распространенность, о чем свидетельствует разная этимология слов, обозначающих этот металл, у различных народов на разных континентах. Этот металл люди ассоциировали с солнцем, возможно, из-за цвета. Именно золото старались безуспешно получить алхимики в результате трансмутации.




Как уже было отмечено выше, золото встречается преимущественно в самородном состоянии благодаря своей химической инертности. Самые крупные золотые слитки имели массу в десятки килограммов. Интересно, что все золото, которое было добыто за всю историю человечества, занимает объем в 8 миллионов литров (это 8 миллионов пакетов молока).

Главными достоинствами золота являются ковкость, тягучесть и химическая устойчивость. Эти свойства обусловили

возможность использования золота в микроэлектронике: им либо покрывают отдельные детали, либо чисто из него делают электрические контакты. Авиационная и космическая промышленности используют этот металл там, где нельзя ни в коем случае допустить коррозию. Например, окна шаттлов или же места соединения деталей двигателей покрываются этим металлом.

С древнейших времен из желтого металла изготавливают зубные протезы. Сейчас это не чистое золото, а его сплавы с другими металлами. Такие протезы не окисляются, их достаточно легко отливать и, кроме того, эти протезы обладают хорошим спектром механических характеристик. Стоит отметить, что примерно десятая часть добываемого золота уходит на нужды медицины. Правда, не только на изготовление зубных протезов, но и для производства большого количества лекарств.

# Подгруппа цинка (IIБ)

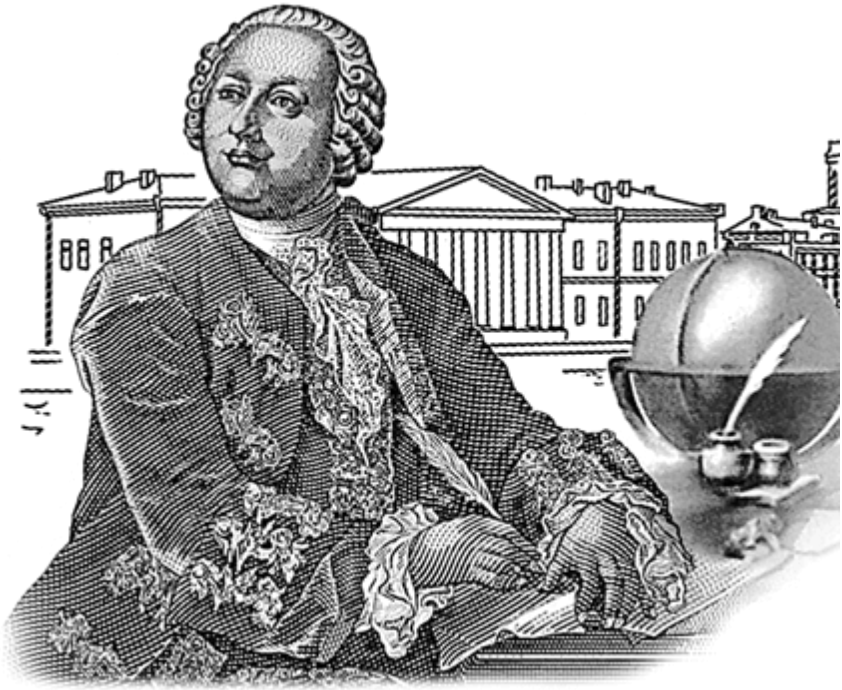
Во IIБ подгруппу входят цинк, кадмий и ртуть. На первый взгляд непонятно, чем они похожи, и по какому принципу объединены. Напомним, что химики во главу угла ставят строение электронной оболочки, которое для этой подгруппы можно описать формулой $(n-1)d^{10}ns^2$. Поэтому наиболее устойчивой степенью окисления является $+2$, причем для всех элементов данной подгруппы. Интересно, что все эти металлы имеют серебристо-белый цвет с голубоватым оттенком.

Физические свойства рассматриваемых металлов различны. Например, при нормальных условиях цинк и кадмий — твердые тела, в то время как ртуть — жидкая и крайне летучая (это обуславливает ее токсичность). Многие удивятся, но металл способен растворить в себе другой металл. Это и другие удивительные свойства мы постарались изложить в ходе этой части главы.

# Цинк. Защитник металлических изделий

Цинк встречается чаще всего в полиметаллических рудах. Основным минералом же, в состав которого входит этот металл, считается сфалерит ZnS.

Рассказывая про медь, мы упоминали латунь — сплав меди и цинка. Он известен людям с незапамятных времен, однако чистый металл никак не использовался, скорее всего, потому, что его просто не могли выделить из руды. Первое упоминание цинка встречается в трудах швейцарского алхимика Парацельса. В 1721 году Генкель, известный как учитель М. В. Ломоносова, более подробно описал не только сам металл, но и некоторые его минералы и соединения.



До 60 % металлического цинка, производимого во всем мире, уходит на покрытие различных сплавов железа, в первую очередь сталей. Именно этот металл защищает железо от коррозии, которая уничтожает миллионы тонн сталей в год. Высокая химическая активность цинка обусловила его широкое применение в аккумуляторах.

Цинк необходим человеку для нормальной жизнедеятельности, однако особенно он важен мужчинам, ведь этот металл нужен для продукции мужских половых гормонов, нормального функционирования простаты. Интересно, что он входит в состав алкогольдегидрогеназы — фермента, отвечающего за расщепление алкоголя в организме.

# Кадмий. Кому мы доверяем жизнь

Кадмий является очень интересным и достаточно редким элементом. История открытия этого элемента заслуживает особого внимания: в 1817 году проводилась ревизия аптек в немецком городе Магдебург, в ходе которой был запрещен один из препаратов. Тогда запрет был вынесен из-за вероятного содержания мышьяка. Естественно, производитель был не согласен с таким положением дел и провел собственный анализ на производстве, не выявив наличия этого крайне токсичного элемента. Власти в свою очередь запросили образцы препарата и направили их эксперту, профессору Штойеру. Ученый провел тщательный анализ и доказал, что производитель выпускал лекарство, не содержащее мышьяк, однако, попутно выделил сульфид на тот момент неизвестного металла — Cd. Нельзя забывать о том, что этот металл был открыт параллельно другим немецким химиком Л. Германом.

Кадмий составляет всего лишь $1{,}3 \times 10^{-5}$ % массы земной коры (он в этом показателе уступает цинку больше чем в тысячу раз), основным же минералом цинка является невероятно красивый минерал гринокит, состав которого отражает формула CdS. Когда-то знаменитый импрессионист Клод Моне сказал о своей палитре: «Если коротко, то это свинцовые белила, желтый кадмий, вермильон, краплак, синий кобальт, хромовая зелень». Как читатель уже, вероятно, догадался, «желтый кобальт» — сульфид кадмия CdS. Стоит также упомянуть, что кадмий не встречается в свободном состоянии, в отличие от своей «старшей сестры» ртути, находящейся в этой же подгруппе.

Области применения кадмия обусловлены его высокой прочностью и устойчивостью к коррозии, ведь добавляя всего 1 % этого металла к меди повышает ее прочность примерно в 2 раза, при этом толком не уменьшая проводимости первой. Мало кто знает, что большое количество кадмия уходит на производство деталей в самолетостроении, даже шасси самолетов обязаны своей прочностью этому металлу. Также нельзя забывать про никель-кадмиевые батарейки, отживающие свой век.

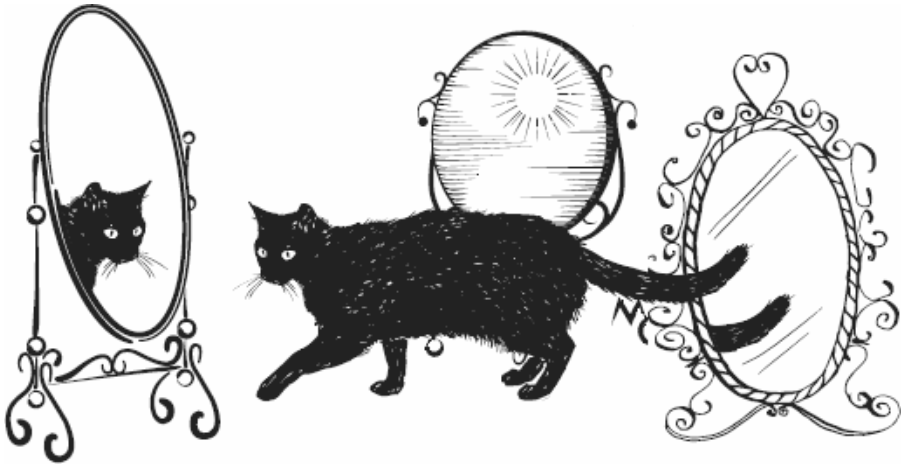
Несмотря на относительную безопасность чистого металла, его растворимые соединения крайне токсичны и сопоставимы в этом с ртутью и мышьяком.

# Ртуть. У кого-то убегает молоко, а у химика — металл

Этот металл знаком человеку с древности: индийцы, египтяне, китайцы использовали его в качестве основы для приготовления лекарственных препаратов. Ртуть встречается в трудах Аристотеля, Диоскорида и Теофраста. Названа она так, вероятно, потому, что ее ассоциировали с золотом. И если золото — солнечный металл, вполне логично назвать самый близкий к нему так же, как и ближайшую планету от Солнца — Меркурий (на английском ртуть — mercury).

Ртути на Земле достаточно мало: всего лишь $8{,}3 \times 10^{-6}$ %, что примерно в 2,5 тысячи раз меньше цинка. Интересно, что ртуть преимущественно встречается в виде соединений, например, в составе киновари HgS. Однако она также обнаружена и в свободном состоянии.

Области применения элемента номер 80 ограничены его высокой токсичностью. Все мы слышали о ее способности поражать организм, но давайте разберем это несколько подробнее. Ртуть опасна при вдыхании ее паров, а также в виде растворимых в воде ее солей, также токсичны ее органические производные, например метилртуть $[CH_3Hg]^+$. Ртуть нарушает белковый обмен и ферментативную деятельность организма, а сильнее всего страдают нервная и выделительная системы. К сожалению, отравления парами или соединениями ртути плохо лечатся. Интересно, что у психологов есть термин «меркуриофобия», то есть боязнь ртути. До такой степени, конечно, ее бояться не стоит, однако обращаться с ней следует аккуратно. На нашем YouTube-канале вы можете посмотреть видео «Уран в Hg», где мы подробно рассказываем о свойствах ртути, а также демонстрируем ее высочайшую плотность, сравнивая с ураном.



Ртуть обладает интересным свойством — растворять в себе другие металлы. Подобные «сплавы» называют амальгамами. Амальгамы щелочных металлов используют в качестве мощных восстановителей (они хорошо отдают электроны). Также эти соединения играют свою роль в металлургии редких металлов, в производстве зеркал и люминесцентных ламп.

# Подгруппа платины (VIIIБ)

Эта подгруппа выделяется в первую очередь своими размерами: в нее входят рутений, родий, палладий, осмий, иридий, платина. Спектр покрываемых степеней окисления достаточно велик, так для палладия характерна +2, а для осмия +8. По внешнему виду все эти металлы похожи друг на друга (обладают белым блестящим цветом), а вот по физическим свойствам сильно различаются.

Как уже было отмечено, эти металлы называют благородными (также к благородным относят золото и серебро) ввиду их очень низкой химической активности. Здесь можно наблюдать подчас бедную фантазию химиков, ведь уже существуют благородные газы, названные так из-за того, что они практически не образуют химических соединений. С другой стороны можно предположить, что так ученые стремятся к созданию более или менее единых названий для групп элементов.

# Рутений. Самый русский металл

Рутений — первый драгоценный металл, который будет описан в нашей книге, но его сложно назвать очень популярным. Применяют рутений в основном в ювелирном деле, правда говоря, не в чистом виде, а чаще всего в качестве легирующей добавки. Присутствие даже десятых долей процента этого металла в титановых сплавах значительно повышает их коррозийную стойкость, более того, легированные рутением сплавы платины имеют лучшую износостойкость и твердость.

Почему же рутений можно назвать «самым русским» металлом? Во-первых, металл открыт на территории Российской Империи в городе Казань в 1844 году отечественным ученым К. К. Клаусом. Он исследовал заводские платиновые осадки и в ходе ряда преобразований выделил сульфид на тот момент неизвестного металла. Во-вторых, химик дал ему название в честь России (Ruthenia — с латинского Россия).

Рутений можно назвать самым редким элементом из всей платиновой группы, это притом, что все металлы, в нее входящие, составляют лишь $10^{-6}$ % массы земной коры! Рутений встречается в природе в свободном состоянии, чаще всего в качестве примеси к самородной платине.

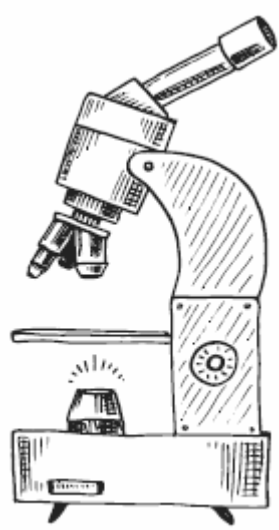
Нельзя также не упомянуть, что из рутения изготавливают резисторы, а чистый рутений применяют в микрочипах.

# Родий. Не все то серебро, что блестит

Родий — драгоценный металл платиновой группы, находящий свое применение, главным образом, в машиностроении, а также в ювелирном деле. Название свое металл получил за цвет, в который окрашены его соединения, rhodon — с греческого розовый.

На Земле родия очень мало: примерно $10^{-4}$ г на тонну земной коры. Встречается родий в свободном состоянии, чаще всего являясь примесью к рудам, содержащим платину. Все металлы платиновой группы были обнаружены в составе метеоритов, упавших когда-то на Землю.

Промышленное производство родия сильно зависит от производства платины, поэтому и цены на этот металл крайне нестабильны. Больше всего родия добывает ЮАР, следующей страной по его добыче является Россия. Всего в год добывают порядка 30 тонн этого драгоценного металла, который очистить, к слову, от платины и других металлов платиновой группы очень сложно. Также есть возможность добывать родий из радиоактивных отходов, но из-за длительного периода полураспада одного из самых долгоживущих изотопов подобные попытки пока не были предприняты.



Самым крупным потребителем родия является машиностроение. Этот металл используют в качестве катализатора окисления монооксида углерода (CO), который

очень токсичен, до углекислого газа ($CO_2$).

Родий играет важную роль в ювелирном деле, ведь после серебра он является лучшим светоотражателем, простыми словами: блестит ярче. Им покрывают различные изделия и используют для изготовления зеркал измерительной техники.

# Палладий. Металл, пожирающий водород

Палладий открыт Волластоном в 1803 году во время изучения остатка маточного раствора, после обработки последнего хлоридом аммония ($NH_4Cl$) с целью выделения хлороплатината. Назван же элемент был в честь астероида «Паллады», открытого чуть ранее (в 1802 году). Примечательна история, которая произошла с ученым после этого открытия. Когда ученый смог выделить в достаточном количестве новый металл, он не стал докладывать о своем открытии, а решил разыграть общественность: Волластон дал объявление в газету, что у некоего торговца минералами появилось новое серебро. Эта реклама заинтересовала другого ученого Ченевико, поэтому он приобрел это «новое серебро» и в ходе анализа пришел к выводу, что это всего лишь сплав ртути и платины, что и опубликовал в прессе. В ответ на это Волластон анонимно объявил, что готов выплатить 20 фунтов стерлингов тому, кто сможет изготовить «новое серебро». Вполне очевидно, что подобное никому не удалось.

Палладий — самый распространенный металл платиновой группы после платины, его содержание в земной коре оценивается примерно в $10^{-3}$-$10^{-2}$ г/т или же $10^{-6}$ %.

Самым значимым применением этого драгоценного металла с человеческой точки зрения является производство кардиостимуляторов: некоторые детали этих высокотехнологичных приборов сделаны из палладия. Также его применяют и в стоматологии, изготавливая из его сплава с золотом и платиной зубные протезы.

# Осмий. Самый плотный

Осмий — самый плотный металл во вселенной. Этот металл был открыт Теннантом в 1804 году в ходе работы с платиной. Он растворял ее в царской водке (смеси соляной и азотной кислот). Часть металла осталось нерастворенной. Позднее ученый пришел к выводу, что нерастворимая часть — сплав двух металлов. Так был открыт и отделен от иридия осмий.

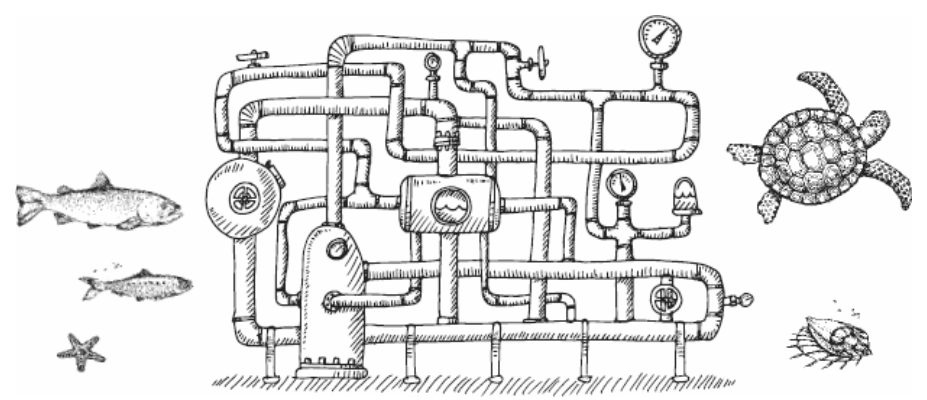
К сожалению, осмий является наименее используемым металлом из всех входящих в платиновую группу. В первую очередь это объясняется его редкостью, во-вторых, высочайшей стоимостью. Поэтому применяют его лишь в том случае, если достойной замены ему просто нет. Хоть осмий и является рекордсменом по плотности, главной его заслугой для промышленности считается твердость. В этом параметре осмий уступает лишь хрому. Особое место среди сплавов осмия занимает его сплав с платиной (90 % Pt, 10 % Os). Из него изготавливают кардиостимуляторы и импланты сердечных клапанов.

Важнейшим соединением осмия по праву считается его тетраоксид $OsO_4$. Без него было бы невозможно производство аммиака, некоторых лекарственных препаратов.

# Иридий. Под Нобелевскую премию

За что химики любят свой предмет? Мы сошлись во мнении, что нам нравятся логика и возможность строить аналогии, как это делал, например, Менделеев, предсказывая новые элементы. Так элементы, находящиеся в одной подгруппе, обладают схожими свойствами. Порой их почти не отличить. Иридий не так сильно напоминает осмий, правда открыты они были одновременно, поэтому повторно останавливаться с вашего позволения на этой истории мы не станем.

Используется этот металл достаточно редко. Из него изготавливают долговечные свечи зажигания. Гораздо чаще применяют сплавы с добавлением этого металла: сплавы с вольфрамом и торием используют для изготовления термоэлектрических электрогенераторов. С родием и рением — для изготовления термопар. Интересно, что трубы, которые прокладывают по морскому дну, нередко делают из сплава титана с иридием, ведь он отличается своей устойчивостью к коррозии. Всем хорошо известная уксусная кислота была бы не такой доступной, если бы не соединения иридия, обладающие каталитической активностью. Они ускоряют реакцию окисления уксусного альдегида до уксусной кислоты. Сам иридий тоже используют в качестве катализатора, правда в этом случае уже для ускорения сгорания ракетного топлива.



В 1958 году **Рудольф Мессбауэр** сделал одно из величайших открытий в физике за XX век: он открыл резонансное испускание и поглощение гамма-лучей без отдачи. В 1961 году за свои труды он был вознагражден Нобелевской премией. А наблюдал он впервые этот эффект, работая с одним из изотопов иридия. Так обсуждаемый нами металл внес весомый вклад в развитие

смежной с химией науки — физики.

# Платина. Высший класс

Платина известна человеку не так долго, как золото, медь или серебро. Однако ее открыли гораздо раньше всех остальных металлов платиновой подгруппы. В 1557 году этот металл был впервые описан итальянским врачом Скалингером. Платина изначально не была в цене, так как из нее почти ничего не удавалось сделать из-за высокой температуры плавления.

В природе платина встречается чаще всего в свободном состоянии. Так называемая самородная платина содержит до 80 % Pt, около 10 % других металлов подгруппы платины, еще 10 % приходятся чаще всего на железо, золото и медь.

С 60-ых годов прошлого столетия спрос на платину неустанно растет. До начала II Мировой войны около половины добываемой платины уходило на нужды ювелирного дела. На данный момент ситуация сильно отличается: 90 % этого благородного металла используют в науке и промышленности. Из-за высокой химической инертности, устойчивости к высоким температурам из платины делают большой спектр химического оборудования, начиная от лопаток и заканчивая электродами. На химических производствах этим металлом покрывают стенки реакторов изнутри, так как платина не подвержена влиянию агрессивных сред. Иногда реакторы полностью делают из платины, правда, это очень дорогое мероприятие.

Интересно, что эталон килограмма выполнен на 90 % из платины, 10 % приходятся на иридий.

# Лантаноиды

Если посмотрим в основную часть таблицы, где находится лантан, имеющий порядковый номер 57, а затем взглянем на следующий за ним элемент гафний под номером 72, то у нас логично возникнет вопрос: «а где же еще 14 элементов?» или «почему нумерация сбилась?» Чтобы ответить на эти вопросы, давайте взглянем под таблицу Менделеева, так сказать, в ее «подвал». Там мы увидим две строчки элементов, которые почему-то находятся не в самой таблице: **церий, празеодим, неодим, прометий, самарий, европий, гадолиний, тербий, диспрозий, гольмий, эрбий, туллий, иттербий, лютеций**. И нумерация их от 58 до 71, как раз те самые недостающие элементы.

Эти элементы можно было оставить в самой таблице и не выносить их под нее, но тогда таблица получилась бы очень длинной и ее сложно было бы печатать. Поэтому для удобства их разместили в «подвале» таблицы.

Теперь давайте разберем физический смысл выноса данных элементов под таблицу. Мы уже рассмотрели s, p и d элементы. Мы знаем, что чем дальше от ядра атома находятся электронные оболочки, тем более причудливой формы они становятся. Электроны в атомах всегда занимают устойчивые орбитали, где они обладают минимумом энергии. В случае с лантаноидами то же самое. Так получается, что 58 электрону выгоднее находиться не на d-орбитали, а на f-орбитали. Причем энергетически он находится ниже, чем на 5d-орбитали. Этот 58 электрон и все остальные до 71 включительно располагаются на 4f орбитали, так как находиться там энергетически выгоднее. Отвечать почему, мы не будем, так как придется влезать в дебри квантовой механики.

По своим свойствам лантаноиды очень похожи друг на друга. Это приводит к тому, что в природе они всегда сопутствуют друг другу. А это в свою очередь приводит к тому, что их трудно разделить и получить индивидуальные металлы этих элементов. Все лантаноиды делят на две группы: цериевую и иттриевую. К цериевой группе относятся лантан и все элементы от церия до гадолиния включительно. К иттриевой группе относятся элементы от тербия до лютеция. Внутри этих подгрупп свойства элементов еще более схожи между собой. Деление на данные группы связано с электронными конфигурациями данных элементов и провалами электронов с одного уровня на другой.

# Актиноиды

Кроме латаноидов в таблице существует еще одна группа элементов, которые также находятся в этом «подвале» — актиноиды. Как вы уже поняли, они называются в честь родоначальника этого ряда — актиния. В этот ряд входит 14 элементов от тория до лоуренция, плюс сам актиний. Все они радиоактивны.

**Актиний, торий, протактиний, уран, нептуний, плутоний, америций, кюрий, берклий, калифорний, эйнштейний, фермий, менделевий, нобелий, лоуренсий**. Данная группа элементов интересна тем, что в нее входят все три кита атомной энергетики — торий, уран, плутоний.

Как и в случае с лантаноидами, все элементы ряда актиноидов имеют схожие химические свойства. Это приводит к тому, что разделить их между собой химическими методами крайне тяжело.

# Актиний. Отец рода

Молодой химик Дебьерн в 1899 году предложил назвать новый открытый элемент актинием (от греческого «излучение, свет») по аналогии с радием. Правда говоря, здесь существует небольшой парадокс: элемент, названный «излучающим», не мог быть открыт по его излучению. Самый долгоживущий изотоп $^{227}Ac$ распадается, испуская очень мягкие, малоэнергетичные бета-лучи. Проще говоря, атомы актиния данного сорта превращаются в атомы другого элемента, при этом испуская из себя электроны. Ученые того времени не обладали оборудованием, которое было бы способно зафиксировать такое излучение. Дебьерн открыл новый элемент не по его излучению, а по излучению его дочерних продуктов. По сути дела, он фиксировал излучение изотопа тория, который и является дочерним продуктом деления актиния.

Актиний подобен лантану и имеет схожие химические свойства, так как они имеют одинаковую валентность III, близкие атомные радиусы и почти идентичное строение большинства соединений. Содержание актиния в природе измеряется десятимиллиардной долей процента. Однако его все же удалось получить в элементарном виде, то есть в виде чистого металла.

Оказалось, что актиний — серебристо-белый металл, довольно тяжелый (плотность чуть больше 10 г/см$^3$, для сравнения плотность воды 1 г/см$^3$), при этом весьма химически активный. Температуры плавления и кипения определены теоретически и примерно составляют 1040 ˚C и 3200 ˚C соответственно.

Пока что это все, что известно про данный элемент. И скорее всего, еще не скоро актиний будет хорошо изученным элементом.

# Торий. Божественный

Исследуя один редкий минерал в 1815 году, Берцелиус обнаружил новый элемент, который был назван торием в честь всемогущего древнескандинавского божества Тора. Поначалу он не был востребован и имел весьма скромную, но важную область применения — при производстве газокалильных сеток. В конце XIX века было широко распространено газовое освещение, а не электрическое. Австрийский химик Карл Ауэр фон Вельсбах изобрел колпачки из оксидов церия и тория, которые увеличивали яркость свечения.

Торий — радиоактивный элемент, и это определило область его применения в XX веке. Например, ученые знают, что скорость распада конкретного элемента постоянна и не зависит от внешних факторов. Поэтому, зная содержание тория и его дочерних элементов в минералах, еще в 1904 году ученые научились определять геологический возраст пород. Первым эту идею высказал **Пьер Кюри**.

Дочерний продукт распада тория нашел свое применение в производстве светящихся красок, которыми наносили цифры на циферблаты часов. Однако через несколько лет обнаружили, что со временем циферблаты перестают светиться. В 20-х годах прошлого столетия резко увеличилась смертность работниц, которые рисовали цифры этими красками. Патологоанатомы обнаружили, что в костях умерших работниц накапливался изотоп $^{228}Rh$. А все из-за того, что все рисовальщицы заостряли концы кисточек губами. За год они проглатывали всего 1,75 грамма краски, но и этого было достаточно.

Попадание же самого тория, а не его продукта деления, в желудок не вызывает отравления. Все потому что в желудке кислая среда, которую создает соляная кислота HCl. В таких условиях соединения тория гидролизуются. А гидроксид тория $Th(OH)_4$ — нерастворимое соединение, которое легко выводится из организма с продуктами жизнедеятельности. Острое отравление может вызвать лишь огромная доза в 100 граммов тория. Обычному человеку никогда с таким столкнуться не удастся.

# Протактиний

Существование этого элемента предсказали почти за полвека до его открытия. Он является элементом с двойственными химическими свойствами. В одновалентном состоянии он похож на ниобий и тантал, в других валентных состояниях схож с остальными актиноидами. При этом протактиний — это один из тех элементов, который практически не применяется.

Когда Д. И. Менделеев составлял периодическую таблицу, он оставил пустое место между торием и ураном — двумя самыми тяжелыми элементами, известными на то время. Менделеев предполагал, что этот промежуточный элемент будет иметь химические свойства, схожие со свойствами тантала, поэтому назвал его эка-танталом.

История открытия протактиния тесно связана с историей поиска разных радиоактивных элементов, в особенности она связана с актинием. Протактиний открыли практически одновременно несколько ученых из Германии и Англии. Его обнаружили при переработке минералов урана, точно также как и полоний, радий, актиний. И нашли его во фракции, которая содержала тантал. Недаром Менделеев назвал его эка-танталом. Гленн Сиборг говорил, что протактиний — «один из самых капризных и неуловимых элементов».

В это же время обнаружилась связь протактиния и актиния. Выяснилось, что изотоп протактиния испускает альфа-частицы (ядра атома гелия) и превращается в актиний. Отсюда и появилось название протактиний, которое означает «предшествующий актинию».

В 1921 году в историю науки вошел изотоп $^{234}$Pa. При его изучении было открыто явление ядерной изомерии. Это явление состоит в том, что некоторые радиоактивные ядра способны распадаться двояко — с разными периодами полураспада (время, за которое распадется половина атомов, которые у нас были). $^{234}$Pa в основном распадается, испуская бета-частицу и период полураспада составляет 1,17 минуты, превращаясь в $^{234}$U. Но одно из тысячи ядер протактиния ведет себя иначе. Оно испускает гамма-квант (фотон с большой энергией) и превращается в новое ядро, тоже бета-активное, но с более низким уровнем энергии. Это тоже изотоп $^{234}$Pa, но период его полураспада составляет уже 6,7 часа.

Практическое применение протактиния ограничивает его токсичность. Она примерно в 250 миллионов раз превышает токсичность синильной кислоты. К тому же, природные

источники протактиния практически бесперспективны. Данный элемент интересен исключительно с точки зрения науки.

# Уран. Добро или зло?

1789 год — это первая важная дата в истории урана, когда немецкий химик **Мартин Генрих Клапрот** из смоляной руды получил золотисто-желтую землю (землями называли оксиды элементов) и восстановил ее до черного металлоподобного вещества. Он посчитал, что это новый химический элемент и назвал его в честь самой далекой из известных на то время планет, открытой восемью годами раньше — ураном.

Целых 50 лет во всем мире считалось, что Клапрот открыл новый химический элемент. Но в 1841 году француз **Эжен Пелиго** доказал, что это была ошибка. Клапрот получил всего лишь соединение урана $UO_2$, а не чистый металлический уран. А вот Пелиго сумел получить настоящий металлический уран.

Дальше к изучению урана приложил руку сам Д. И. Менделеев в 1874 году, поместив его в свою периодическую таблицу элементов на самое последнее место, после всех известных на то время элементов. До Менделеева считалось, что атомный вес урана 120. Но Дмитрий Иванович обнаружил ошибку в вычислениях и определил, что атомный вес урана в 2 раза больше. В дальнейшем это подтвердилось экспериментально.

Поначалу уран имел совсем иное применение, нежели сейчас. Из него изготавливали краски, стекла, фарфор. Стеклянные и фарфоровые изделия на основе соединений урана можно встретить и сейчас в различных музеях.

В 1896 году Анри Беккерель открыл явление радиоактивности, и обнаружилось, что уран радиоактивен. С тех

пор началось досконально изучение свойств урана, а также это положило начало поискам новых областей применения этого металла.

В 1939 году была открыта цепная ядерная реакция деления ядер урана. Это очень редкое явления для природных изотопов урана, которое наблюдается в одном из миллиона случаев распада ядер урана. В этом случае ядро урана распадается на два новых ядра примерно равных по массе. Это явление очень заинтересовало военных, так как при этом процессе высвобождалось огромное количество энергии. Учитывая, что во всем мире шла II Мировая война, военные стремились получить тотальное преимущество перед своими противниками, создав оружие невиданной мощности, способное за раз уничтожить огромное количество людей.

Было обнаружено, что при делении ядер урана также образуется несколько новых нейтронов, которые сталкиваются с другими ядрами урана и вызывают их распад. Ученым всего мира стало очевидно, что подобно горению, ядерная реакция может сама себя поддерживать.

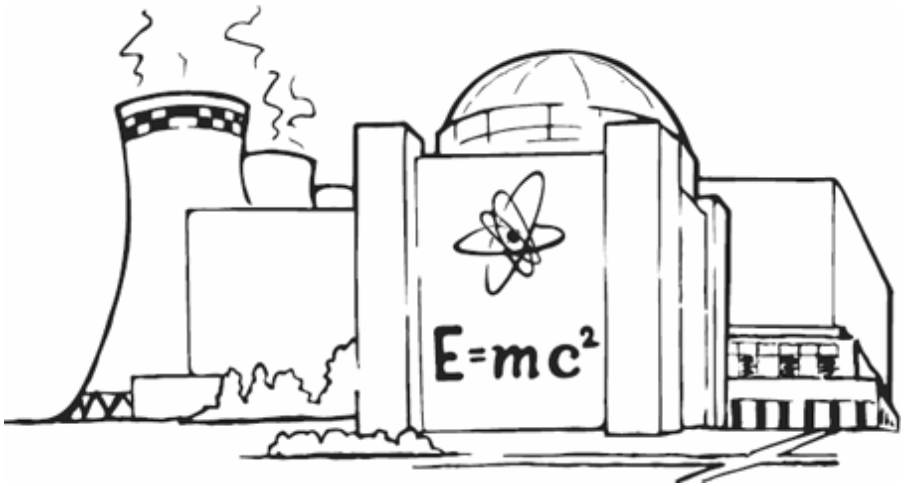
Количество ученых, занятых исследованием свойств урана и освоением ядерной реакции, резко возросло, а вот информация о них так же резко сократилась. Все было разом засекречено, и началась гонка вооружений: кто первый освоит и создаст оружие массового поражения на основе процесса деления ядер урана. В настоящее время многое из тех исследований уже широко известно. Но есть такие исследования, о которых до сих пор никто не знает. Если вы хотите увидеть своими глазами химические опыты, проводимые с ураном, то обязательно посмотрите видео на нашем YouTube-канале. Такого еще никто и никогда не показывал во всем мире.

Открытия 30-х годов легли в основу современной ядерной физики и атомной энергетики. Они помогли глубже понять строение атома. С помощью облучения урана потоком нейтронов научились получать другие химические элементы, которые порой были гораздо дороже золота. В некотором смысле уран сыграл роль философского камня, который ранее искали алхимики на протяжении нескольких сотен лет.

Вот таким неожиданным образом никому не нужный уран, не имевший практического применения, за 10–15 лет превратился в стратегическое сырье № 1. Были исследованы все уголки мира в поисках его месторождений.

В тонне гранита содержится примерно 25 граммов урана. Но полная энергия этих 25 граммов эквивалентна теплосодержанию 125 тонн каменного угля. Если собрать весь имеющийся на Земле

уран и использовать его энергию деления, то она в миллионы раз больше, чем могут дать вместе взятые другие горючие ископаемые, имеющиеся на нашей планете. Если бы весь имеющийся в земле уран мгновенно распался, то выделившаяся энергия раскалила бы поверхность Земли до нескольких тысяч градусов.

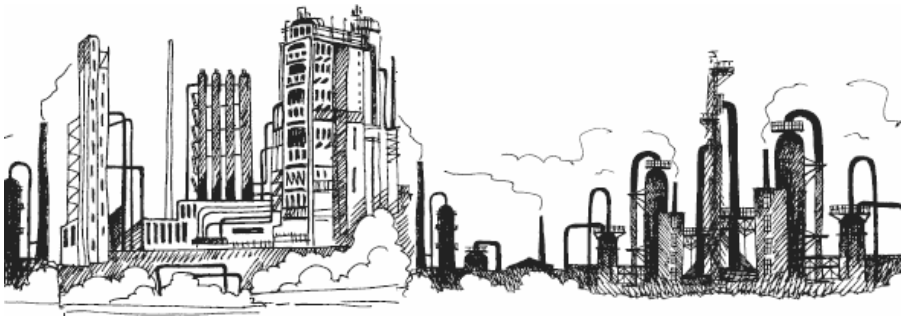



Эпоха гонки за ядерным оружием закончилась в 40–50-ые годы прошлого столетия. Затем уран нашел свое применение в мирной сфере. К этому приложил огромные усилия Игорь Васильевич Курчатов, который считал своим долгом найти мирное применение урану. Под его руководством был создан первый в мире атомный реактор, предназначенный для мирных целей. Так родилась атомная энергетика.

Сейчас есть ряд задач в атомной энергетике, над которыми бьются ученые атомной промышленности. Например, при работе АЭС за время работы тепловыделяющей сборки (ТВС) выгорает не весь уран. Часть урана превращается в другие элементы, которые могут мешать дальнейшему использованию ТВС. Можно провести аналогию с обычной жизнью: представьте, что в вашем телефоне аккумулятор заряжен на 100 %, но вы можете разрядить его только на 5 %. Остальные 95 % вы не можете использовать, так как иначе аккумулятор по какой-то причине разбухнет и сломает телефон. Поэтому старую ТВС заменяют на новую. Однако в старой еще много урана. А в природных источниках, как вы знаете, очень мало. Поэтому остро стоит задача переработки старых ТВС и повторного использования уранового топлива. Когда будет замкнут ядерный топливный цикл, человечество совершит огромный технологический прорыв.

Металлический уран — очень капризный материал. Если его

нагреть, то он реагирует со всеми применяемыми в металлургии тугоплавкими материалами. Порошкообразный уран реагирует со всеми составляющими атмосферы даже при комнатной температуре. Это накладывает определенные ограничения на методы работы с ним.



Например, в реакторах на тепловых нейтронах (свободные нейтроны с кинетической энергией близкой к кинетической энергии движения молекул газа при комнатной температуре) в качестве теплоносителя используют воду. При малейшем нарушении герметичности защитной оболочки уран начнет разлагать воду. Выделившийся водород вступит в реакцию с образованием порошка гидрида урана ($H_3U$). Таким образом ТВС разрушится и порошок гидрида урана будет уноситься водой. Картина страшная для любого человека, даже для ученого ядерщика. Чтобы подобного не происходило, чистый уран в виде топлива не применяется. Существуют реакторы, работающие на оксидном топливе ($UO_2$), нитридном топливе (UN), а если требуется металлическое урановое топливо, то его сплавляют с молибденом. Такой сплав устойчив и описанные выше процессы разрушения ТВС не происходят.

Еще в 1904 году Эрнест Резерфорд заметил, что период полураспада урана соизмерим с возрастом Земли. Тогда он предложил определять возраст минералов и возраст земли по соотношению урана и свинца — конечного продукта распада урановых ядер. Этим же методом определялся возраст метеоритов и лунного грунта. Оказалось, что Луна гораздо старше Земли.

Еще один важный факт: ученые установили, что спонтанно могут делиться ядра всех элементов тяжелее тория. Этот процесс определяет границу таблицы Менделеева. Следовательно, определяет химический состав всех объектов во Вселенной.

# Нептуний. Планеты-планеты…

В солнечной системе за планетой Уран следует Нептун. В ряду химических элементов за ураном следует нептуний. Это небольшая подсказка, как начать разбираться в астрономии, зная всего лишь химию. Или наоборот.

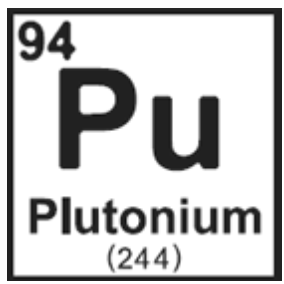
Получен нептуний был при помощи облучения урановой мишени нейтронами. Получали его в небольших количествах, поэтому изучение химических свойств было затруднено. Стеклодувы изготавливали пробирки и мензурки объемом всего лишь в стотысячную миллилитра. Растворяя в такой пробирке микрограмм нептуния, получали раствор с большой концентрацией (0,1 г/л). Вся аппаратура устанавливалась на предметном столике микроскопа. В таких жестких условиях проводилось изучение химических свойств этого элемента.

Сейчас же научились получать достаточно большое количество изотопа $^{237}Np$ с периодом полураспада 2,2 миллиона лет, что позволяет проводить исследования в нормальных технических условиях.

Изотоп $^{237}Np$ является прекрасным материалом для получения $^{238}Pu$, который может использоваться в качестве топлива для ядерных космических батарей и других изделий, например кардиостимуляторов. Другие изотопы нептуния сами по себе не играют заметной роли в ядерной энергетике.

# Плутоний

С данным элементом связаны как большие надежды, так и большие опасения человечества. Периоды полураспада всех известных изотопов плутония много меньше возраста Вселенной. Отсюда мы можем смело сделать вывод, что те атомы плутония, что образовались во время зарождения Вселенной, не могли дожить до наших дней, как динозавры и мамонты. Однако он все равно содержится в земной коре, так как постоянно образуется в урановых рудах в результате ядерных реакций.



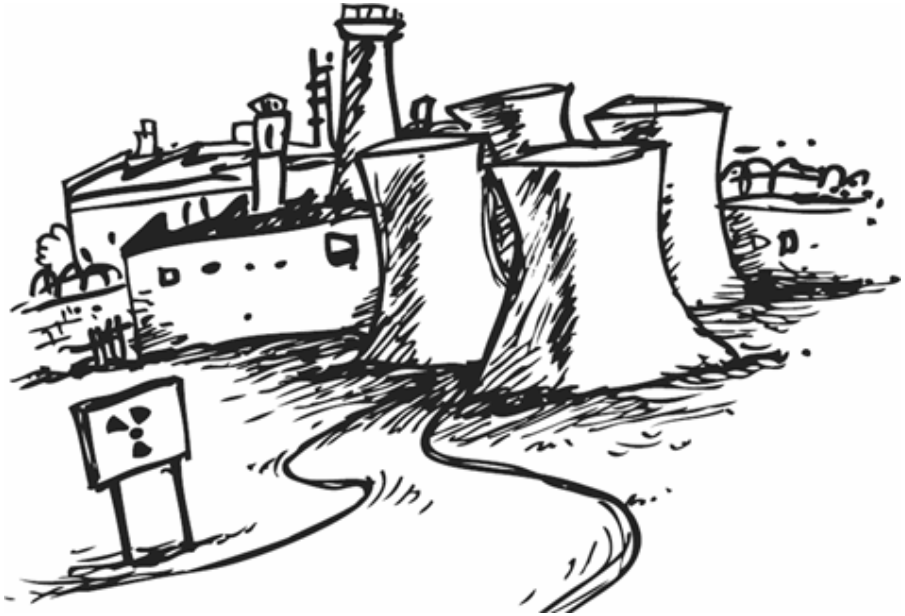

В декабре 1940 года при облучении урана ядрами тяжелого водорода (дейтерия) группа ученых во главе с Сиборгом получили новый элемент. Так как этот элемент в то время был последним в таблице Менделеева, то и назвали его в честь последней планеты солнечной системы — Плутона. Правда сейчас Плутон перестали считать планетой, да и в самой таблице уже 118 элементов, но название плутоний так и осталось.

Получать плутоний возможно только имея на своем вооружении мощную атомную промышленность. А в 40-х годах она только зарождалась. Да и первоочередной ее целью было создание оружия невиданной мощности. Так в США появился Манхэттенский проект, связанный с созданием первых атомных бомб. Его руководителем был военный, а не ученый. Его не интересовал плутоний. Но физики уже тогда понимали, что, синтезировав изотопы плутония с нечетным массовым числом (суммой протонов и нейтронов), от них можно ожидать цепной ядерной реакции. К сожалению для всего мира, плутоний оправдал эти надежды и смог стать «взрывчаткой» для атомной бомбы. А так как данным проектом руководили военные, то все исследования плутония были засекречены и в шифровках его называли «медью».

Созданный для бомбы, плутоний нашел применение в «мирном атоме». $^{235}U$ изотопа не хватило бы для того, чтобы наладить работу АЭС, созданных в те времена.

При делении $^{239}Pu$ изотопа выделяется около 200 МэВ. Это в 50 миллионов раз больше, чем выделяется энергии при сгорании одного атома углерода с образованием молекулы углекислого газа. Другими словами, при распаде 1 грамма плутония выделяется столько же энергии, сколько содержится в 4 тоннах

хорошего угля.



Так как плутоний настолько энергоемкий, то почему бы не добывать его, скажете вы. Хотя плутоний и содержится в земной коре, но его очень мало. Его в 400 раз меньше, чем радия, а это тоже очень редкий элемент. В природе плутоний удалось обнаружить только после изучения физико-химических свойств его изотопов, искусственно полученных в атомных реакторах.

Плутоний также нашел свое применение в качестве источника энергии в специальных сердечных стимуляторах.

# Америций

В 1944 году работа, связанная с получением плутония, завершена. Ученые, работавшие в данном направлении, переключились на другую задачу — получение следующих элементов после плутония. Но эту задачу решали уже не химики. Ею занимались физики-ядерщики, которые синтезировали новые элементы путем сталкивания между собой ядер разных элементов, добиваясь их слияния. Если бы все это происходило в XVII–XVIII веках, то смело можно было бы сказать, что ученые занимаются алхимией, так как получают новые химические элементы из старых.

Здесь стоит отметить, что в дальнейшем все элементы с порядковым номером больше 95 получали физики на ускорителях частиц. И в данной работе шла ожесточенная война между несколькими научными коллективами, кто же первый откроет новый элемент и получит право дать ему название. Естественно, политическая ситуация в мире и холодная война между США и СССР наложили на эту область науки свой отпечаток.

В июле 1944 года плутоний стали бомбардировать ядрами гелия. В итоге получили кюрий — следующий за америцием элемент. Однако здесь важно отметить тот факт, что только при решении задачи по синтезу новых элементов, следующих за плутонием, ученые пришли к выводу, что актиний является аналогом лантана. А значит, и все последующие за актинием элементы являются аналогами соответствующим лантаноидам. С точки зрения этой теории, актиноиды должны иметь ряд схожих свойств и при этом иметь что-то общее с лантаноидами. Отсюда вытекает вывод, что америций — аналог европия.

Как только были поставлены опыты, основанные на данной теории, так сразу же были открыты америций и кюрий. Америций был назван в честь Америки, точно так же, как и его

редкоземельный «брат» европий назван в честь Европы.

Получить получили, а вот как разделить америций и кюрий — это была сложная задача. Из-за нее один из химиков предлагал дать им названия пандемониум и делирум, что переводится как ад и бред.

Разделить их все же получилось. Для этого использовали обменную хромотографию — процесс до боли знакомый химикам-технологам. Он основан на процессе ионного обмена. Сначала необходимый ион собирается на ионнообменной смоле, а затем вымывается из него. Это грубо и вкратце. В 1945 году удалось получить всего 10 миллиграммов изотопа $^{241}Am$, чего оказалось достаточно для проведения физико-химических исследований данного элемента. Как и предполагалось, америций в основном проявляет валентность равную III. Чуть позднее были получены большие количества данного металла и выяснилось, что он имеет серебристо-белый цвет, кроме того, тягучий и ковкий.

Какого же применение данного элемента? Изотоп $^{243}Am$ применялся для получения 102, 103 и 105 элементов таблицы Менделеева. Существуют приборы на основе $^{241}Am$ изотопа для непрерывного измерения толщины стальной и алюминиевой лент.

# Кюрий

Как уже было сказано ранее, кюрий был открыт раньше америция, но ученые долго не могли их разделить между собой. Его первооткрыватели, в число которых входили Г. Сиборг, А. Гиорсо, Р. Джеймс и Л. Морган, хотели увековечить в названии этого элемента память о Пьере и Марии Кюри, а также подчеркнуть аналогию актиноидов и лантаноидов. В таблице Менделеева над Кюрием стоит Гадолиний, названный в честь Юхана Гадолина — исследователя редких земель.

Интересно, что грамм изотопа $^{242}Cm$ каждую секунду излучает 1,2*1013 альфа-частиц, выделяя при этом 120 ватт тепловой энергии. Поэтому он практически всегда раскален. Чтобы работать с ним, от него необходимо непрерывно отводить тепло. Очевидно, что применение этого изотопа стоит искать там, где особо ценятся малый вес и компактность источника энергии. Естественно, это важно в разработках для космических исследований.

# Берклий

Берклий был синтезирован в Радиационной лаборатории Калифорнийского университета в городке Беркли, находящемся вблизи Сан-Франциско. В качестве мишени для облучения альфа-частицами использовали изотоп $^{241}Am$. Как вы уже поняли, свое название он получил в честь городка Беркли. Здесь также последовала аналогия в названии с лантаноидом. Аналогом берклия является тербий — элемент, названный в честь небольшого городка Иттербю в Швейцарии.

Если собрать весь берклий, имеющийся в лабораториях всего мира, то наберется не более 0,1 грамма. К тому же он очень дорог из-за своего происхождения. Как минимум получают его в специальных реакторах, а затем проводят сложную химическую переработку для выделения в чистом виде.

Б. Каннингем разработал и использовал тончайшие микрохимические методы исследований, которые пригодились при изучении свойств элемента. Все, чем располагали в те времена экспериментаторы — 0,02 г берклия. На каждый опыт расходовалось не более одной десятой части этого вещества.

Позже ученым все-таки удалось получить больше металла, поэтому им удалось изучить его физико-химические свойства. Первый слиток весил всего 5 граммов. Его получили восстановлением трифторида берклия $BkF_3$.

# Калифорний

В 1952 году в США было проведено испытание первой в мире термоядерной бомбы с именем Айви Майк в США на Маршалловых островах. Она была в 700 раз мощнее первой атомной бомбы. Взрыв был такой силы, что остров Элугелаб, находящийся в эпицентре взрыва, просто испарился. На его месте образовался кратер глубиной 50 метров. В результате образовались продукты термоядерного взрыва. Среди них ученые обнаружили изотоп нового элемента. Им был изотоп $^{254}Cf$. Новый элемент был назван калифорнием в честь штата, где впервые были получены его атомы.

Этот изотоп удивил ученых, так как основной вид его распада оказался спонтанным делением, то есть атом $^{254}Cf$ делился на атомы других элементов, примерно равных по массе. До этого такие изотопы у других элементов не встречались. Если у ядер других атомов и встречалось спонтанное деление, то данный вид распада составлял мизерную долю от полного числа актов распада. Например, на несколько миллионов альфа-распадов $^{238}U$ приходится только один спонтанный распад. Доля всех других изотопов других элементов спонтанное деление — это очень редкое явление. А для $^{254}Cf$ это оказался основной вид распада. Если измерить удельную мощность данного изотопа, то она гигантская и составляет 10 000 кВт/кг.

Каждый раз получать новые атомы $^{254}Cf$ в процессе термоядерного взрыва затея очень странная. Да и защитники природы не позволят проводить новые термоядерные взрывы. Поэтому ученые стали искать другие способы получения изотопов данного элемента. Естественно, они его нашли. Они взяли ускоритель частиц — циклотрон, поместили в него мишень из изотопа $^{242}Cm$ и стали обстреливать ускоренными ядрами атома гелия. Получили всего несколько тысяч атомов.

Далее необходимо было отделить полученный калифорний от кюрия, из которого состояла мишень. Работать надо было крайне аккуратно, так как активность кюрия составляла 1011 распадов в минуту. Руками с таким объектом не поработаешь. Такую активность можно сравнить с активностью нескольких десятков килограмм урана.

Теоретически ученые определили, что период полураспада калифорния составляет около часа. Поэтому необходимо было спешить с процессом отделения калифорния от кюрия. Ведь примерно за 10 часов распадался практически весь полученный калифорний. Разделение провели при помощи ионнообменной

хроматографии. Калифорнию, как и всем актиноидам характерна валентность III.

Существует и третий способ получения калифорния. Он образуется в процессе ядерных превращений в специальных ядерных реакторах под действием потока нейтронов. Чтобы получить 1 грамм калифорния в таких реакторах, требуется 10 килограммов $^{239}Pu$. Это очень много. В результате образуется изотоп $^{252}Cf$, который уже слабо взаимодействует с нейтронами. И его очень тяжело превратить в более тяжелые изотопы. Таким образом калифорний становится «тупиком» по получению более тяжелых элементов. Все методы, которые раньше ученые использовали для получения элементов тяжелее плутония, больше не подходят.

Микрограмм $^{252}Cf$ дает столько же осколков деления, сколько 1 микрограмм урана, находящийся в ядерном реакторе под потоком нейтронов. Изучать уран и его осколки в таких условиях невозможно. А вот калифорний — можно, так как он не спрятан в ядерном реакторе за толстой бетонной стеной.

В результате спонтанного деления изотопа $^{252}Cf$ образуется примерно 3,82 нейтрона. Даже в цепной реакции деления урана или плутония образуется меньше нейтронов. Считалось, что это свойство можно применить для создания атомной мини бомбы размером с пулю. Представьте себе снайпера, который при помощи винтовки и таких патронов устраивает ядерный апокалипсис армии своего противника. Но, как было сказано выше, на производство 1 грамма калифорния расходуется 10 килограммов плутония. А это очень много.

Основное применение калифорния — изготовление компактных и мощных источников нейтронов. Например, микрограмм калифорния нанесенный на кончик иглы можно вводить в злокачественную опухоль. Нейтроны будут разрушать область опухоли, прилегающую к кончику иглы, а здоровые ткани останутся невредимыми.

Нейтроны сильно рассеиваются ядрами легких элементов, то есть отражаются в разных направлениях, что можно использовать для определения строения мягких тканей человека.

Также калифорниевые нейтроны подходят для нефтеразведки. Нефть тоже состоит из легких элементов. Это же углеводороды. Нефтяной пласт является отличным нейтронным отражателем.

# Эйнштейний

В 1949 году США лишилась монополии на ядерное оружие, так как СССР провел испытания своей атомной бомбы. Отныне на Земле возникло две ядерные сверхдержавы. Немного отступая от темы, отметим, что «члены ядерного клуба» не очень любят, когда кто-то еще пытается разработать свое ядерное оружие и встать наравне с уже существующими сверхдержавами.

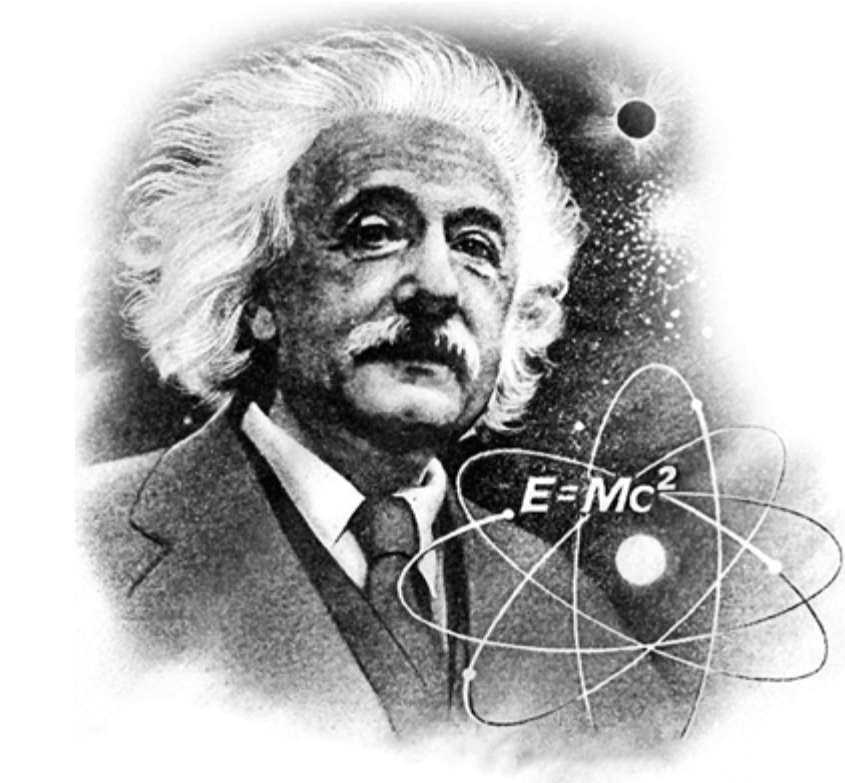
Монополия закончилась, поэтому возникло желание снова стать первым в обладании самого мощного оружия на Земле. США и СССР начали разработки по созданию водородной бомбы. Все работы проводились в состоянии абсолютной и строжайшей секретности. Как уже было сказано в рассказе про калифорний, США провели испытание ядерного устройства под названием Айви Майк. Но его сложно было использовать как бомбу, так как он был настолько тяжел, что ни один самолет не мог его поднять. Значит и угрозы он никакой не представлял.

Было посчитано, что через каждый квадратный сантиметр урана, из которого состояла бомба, прошло примерно 8 граммов нейтронов. А это очень много. Чтобы подобное повторить в обычном ядерном реакторе, потребуется около ста лет.

Ученые проводили химические исследования радиоактивных продуктов. Исследовали воздух из ядерного гриба и почву с близлежащих островов. Были переработаны тонны грунта для извлечения из них актиноидов и лантаноидов, так как они имеют схожие свойства. Затем их разделяли методом ионообменной хроматографии. В результате был обнаружен новый элемент, названный эйнштейнием.

Эйнштейн — величайший ученый всех времен. Его знаменитую формулу $E = mc^2$ знают люди, даже далекие от физики. Поэтому новый элемент назвали в честь Эйнштейна — автора закона, лежащего в основе всей ядерной энергетики.

Также, как и калифорний, эйнштейний можно производить в специальных ядерных реакторах. Но вот занимает этот процесс годы, а не доли секунд, как в случае с ядерным взрывом. Правда плюсом является тот факт, что эйнштейний в этом случае не разбросан по площади в тысячи квадратных километров.




В главе про калифорний мы отмечали, что он является «тупиком» при получении более тяжелых элементов теми способами, что применялись на то время. Поэтому ученые стали искать новые и усовершенствовать старые методы по синтезу сверхтяжелых элементов. Перспективным методом оказался метод тяжелых ионов. Если раньше на ускорителях частиц мишени обстреливали легкими ионами типа гелия, то сейчас решили брать что-то потяжелее.

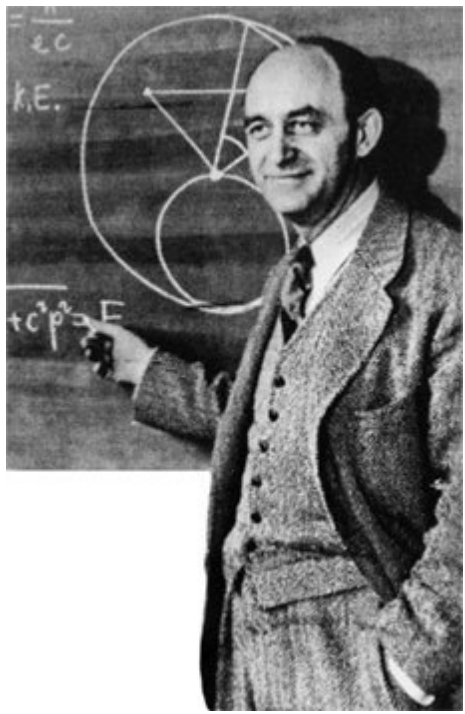
Для синтеза эйнштейния на ускорителе частиц стали облучать мишени из урана и плутония ионами золота, кислорода, углерода и других элементов. Например, в Дубне облучали изотоп $^{238}U$ ионами золота и получили изотопы 245, 246 и 247 эйнштейния.

Хотя изотопы эйнштейния имеют малое время жизни, они нашли свое применение. Их стали использовать в качестве

мишеней для синтеза еще более тяжелых трансурановых элементов. Так, например, из одного из изотопов эйнштейния впервые получили 101 элемент, названный менделевием.

# Фермий

Из названия уже понятно, что элемент назван в честь великого физика Энрико Ферми. Как и предыдущие элементы, фермий был открыт совершенно случайно, в продуктах термоядерного взрыва. В первые три года открытие новых элементов было засекречено, так как работы велись по созданию самой мощной бомбы в истории человечества. Но еще до того, как данные об их открытии были рассекречены, фермий был получен на мощном ядерном реакторе в штате Айдахо в США.



Было установлено, что время жизни самого тяжелого изотопа $^{258}Fm$ составляет всего 380 миллионных долей секунды. Это настолько мало, что сложно вообразить. Также ученые снова столкнулись с небольшим тупиком. Оказалось, что в ядерных взрывах и ядерных реакторах невозможно получить следующие элементы таблицы Менделеева. Встал вопрос: неужели возможно существование только ста элементов? Но ученые нашли выход из сложившейся ситуации при помощи ускорителей частиц.

Как и все актиноиды фермий имеет основную валентность III. И лучше всего изучено химическое поведение фермия в ионообменных колонках (приборы для проведения ионного обмена между раствором и ионнообменной смолой). В живую никто и никогда не видел слиток фермия, так как работы велись только с невесомыми и невидимыми глазом количествами, которые можно было обнаружить только по радиоактивности.

# Менделевий

Первые девять трансурановых элементов были получены и исследованы американскими учеными. Менделевий открыли в 1955 году в Радиационной лаборатории Калифорнийского университета. Данный элемент интересен только тем, что ученым удалось получить элемент, порядковый номер которого больше 100. Почти десять лет такой синтез и метод идентификации нового элемента считались вершиной мастерства в физике и химии.

Глен Сиборг говорил, что новый элемент назван в знак признания заслуг великого русского химика Дмитрия Ивановича Менделеева, который использовал периодический закон для предсказания химических свойств неоткрытых элементов. Именно эти принципы легли в основу открытия большинства трансурановых элементов.

Как известно, в химических реакциях можно получать из одних веществ другие вещества. Но, чтобы из одних элементов получить другие элементы, о чем мечтали алхимики, требуется физика. Если рассмотреть атом, то химики занимаются его электронами, так как благодаря им образуются химические связи. А вот физики лезут в ядро атома.

Самое простое — загнать в ядро нейтрон. Он не имеет электрического заряда, поэтому не встречает сопротивления ни со стороны электронной оболочки, ни со стороны ядра. Конечно, это не совсем простая задача. Попадите-ка такой маленькой частичкой в ядро, размер которого немногим больше.

Добавив в ядро нейтрон, можно получить не только новый изотоп, но и новый элемент, так как такое ядро с добавочным нейтроном может быть неустойчивым и может произойти бета-распад, при котором один из нейтронов ядра превращается в протон. В таком случае это будет ядро следующего по счету

химического элемента. Подробно рассказывать о видах радиоактивных распадов мы не будем. Но вы можете досконально разобраться в них в курсе видео по радиохимии на нашем YouTube-канале.

Получить 101-ый элемент из фермия путем захвата им нейтрона не представлялось возможным. Ведь сначала надо сделать мишень из фермия, а это просто физически невозможно сделать. Фермия было получено очень мало. Поэтому приняли решение синтезировать менделевий из эйнштейния.

Ядра атомов эйнштейния на ускорителе частиц бомбардировали ядрами атомов гелия. Здесь важно понимать, что тяжелые «снаряды» сложнее разогнать, то есть придать им необходимую энергию. Гелий все-таки тяжелее, чем протон или нейтрон. Поэтому и ускорители должны быть большей мощности.

Таким образом был получен изотоп $^{256}$Md, период полураспада которого составлял 30 минут. При первом синтезе было получено всего 17 атомов менделевия. Как вы понимаете, изучать химические свойства в таких условиях крайне трудно. Но в 1967 году случилась сенсация, был открыт изотоп $^{258}$Md. Сенсация заключалась в том, что его период полураспада равнялся почти двум месяцам. Да и получено было 30 тысяч атомов нового изотопа. А это значит, что и получать проще, и изучать его химические свойства легче.

Как и для всех актиноидов, основная валентность менделевия III. Дальнейшие исследования химических свойств показали, что менделевий — первый трансурановый элемент, для которого известно валентное состояние I.

# Нобелий

Открытие этого элемента больше известно не научными разработками, а «политическими» разборками ученого сообщества. Шли 50-ые годы 20-го столетия, и в мире нарастала напряженность между СССР и США. Естественно, это не могло не отразиться на научном мире. К сожалению, наука, подчиненная военным интересам, подвержена политическому влиянию.

Синтез и исследования нобелия можно разделить на два периода. К первому (1956–1959) относятся совместные работы Стокгольма, Москвы и Беркли, ко второму (1963–1966) — работы, проведенные в Дубне.

Для синтеза нобелия применяли метод тяжелых ионов, когда мишень обстреливают ионами элементов тяжелее гелия. Так, например, нобелий можно получить, бомбардируя изотоп $^{238}U$ ионами неона $^{22}Ne$. Предполагалось, что изотопы нового элемента будут иметь очень малое время жизни, поэтому все существующие методы анализов химических свойств, да и вообще методы идентификации нового элемента не подходили. Требовались новые экспрессные, чувствительные и точные методы анализа. Химические методы сравнительно медленные, требовали много времени, что сразу ставило крест на их использовании в исследованиях свойств нобелия.

В 1957 году объединенная американо-англо-шведская группа сообщила о получении нового элемента. Они назвали его в честь **Альфреда Нобеля**. Но данные в их статье были настолько странными, что вызывали сомнения в научном сообществе. Более того, они не предоставили всех сведений об экспериментах, чтобы любая другая лаборатория мира, работающая в данном направлении, могла повторить результат.

В 1963 году в лаборатории ядерных реакций в Дубне был установлен новый мощный циклотрон, и на нем синтезировали

102-ой элемент. Синтез проводился методом, описанным выше. Результаты экспериментов сильно различались с данными о свойствах 102-ого элемента, полученными в 1957–1959-ых годах. Поэтому было принято решение повторить все проведенные ранее эксперименты. Тем более, что за годы, прошедшие с 1959 года ядерная физика шагнула далеко вперед, да и методы исследования стали более совершенными и точными.

Все, что известно о химии 102 элемента, это то, что он имеет степени окисления +2 и +3, а также близок по химическим свойствам к своему аналогу из ряда лантаноидов — иттербию.

Новые полученные данные сравнили со старыми, и стало ясно, что во всех ранних работах по синтезу 102-ого элемента были допущены различные ошибки. Значит, нельзя сказать, что в период 1956–1959 был открыт новый элемент. А право назвать новый открытый элемент принадлежит первооткрывателям — ученым из города Дубна. Они предложили назвать элемент в честь Фредерика Жолио-Кюри — ученого, открывшего искусственную радиоактивность.

Но, если вы посмотрите в таблицу Менделеева, то там название 102-ого элемента обозначено как нобелий.

# Лоуренсий

Последний актиноид. Самый труднодоступный. Наименее изученный. Впервые о его получении сообщили в 1961 году в Беркли. Прочитав про синтез всех предыдущих трансурановых элементов, вы, наверное, уже заметили, что не так много лабораторий в мире, где занимаются решением подобных задач. В Беркли в качестве мишени использовали смесь изотопов $^{250–252}$Cm, которые облучали изотопами $^{10–11}$B. Очередной странный эксперимент, результаты которого нельзя однозначно толковать. Тем более, что химическая идентификация того, что был получен именно новый элемент, не проводилась. Хотя сообщение о том, что был получен новый элемент, было. В Беркли предложили назвать новый элемент лоуренсием — в честь изобретателя циклотрона, американского физика **Эрнеста Лоуренса**.

Через четыре года в Дубне начали заниматься 103-им элементом. Результаты экспериментов показали, что в Беркли опять что-то «нахимичили», и полученные ими данные не соответствуют действительности. Узнав о сообщениях из Дубны, ученые в Беркли провели ревизию своих работ и пришли к выводу, что действительно «нахимичили» и получили неизвестно что. Поэтому начали новые эксперименты по синтезу 103-го элемента. И в 1971 году опубликовали результаты исследований, которые опровергали данные 1961 года.

Поэтому ученых из Дубны можно считать первооткрывателями 103-го элемента. Они предлагали назвать его в честь Эрнеста Резерфорда — одного из основоположников ядерной физики. Но, если вы посмотрите в таблицу Менделеева, то увидите, что как и в случае с нобелием, название не было изменено.

Радиохимики установили, что устойчивая степень окисления лоуренсия равна +3. Это подтверждает тот факт, что актиноиды

являются элементами с очень близкими химическими свойствами.

# Заключение

Вот и закончилась периодическая таблица. За время нашего путешествия мы успели побывать в мире самых активных металлов, окунулись в море самых безразличных и самовлюбленных газов, пообщались с самым крупным семейством металлов-тружеников, а также преодолели все опасности и познали всю прелесть радиации и тех, кто ее создает.

Каковы же были цели написания этой книги? Мы ставили перед собой непростую задачу: нужно было рассказать об устройстве всего материального, о тех кирпичах, из которых состоит наша планета и вся вселенная. К тому же, мы старались не уходить в дебри химической науки, избавить читателя от достаточно скучных и сложных вычислений, а вместо этого насытить книгу интересными и подчас реально полезными фактами, а также юмором, ведь ученые тоже люди и любят посмеяться. Это просто замечательно, что природа одновременно настолько сложна, а ее проявления кажутся нам обычными и вполне естественными, простыми…

Мы надеемся, что эта книга для кого-то из читателей станет причиной, по которой он или она выберет профессию химика, ученого или исследователя. Другим же она, вероятно, даст пищу для размышлений о природе вещей. Кого-то эта книга сподвигнет внимательнее слушать учителей естественнонаучного профиля на уроках в школе, что тоже очень важно.

Претендуем ли мы, ученые, на абсолютную правоту своих суждений? Конечно, нет. Например, механика Ньютона очень долгое время считалась верной, пока ее не дополнил или же скорректировал другой великий физик Альберт Эйнштейн. На наш взгляд, наука — это метод познания, который помогает облегчать жизнь человека, делать ее лучше, прогрессивнее, удобнее и технологичнее. Одни теории дополняют другие, третьи или же их вовсе со временем признают неверными. Это постоянный процесс, от масштабов которого захватывает дух.

А вот QR-коды, с помощью которых ты легко найдешь наши аккаунты:

youtube.com/c/ChemistryEasy
vk.com/chemistryeasyru

| notes |
| --- |

# Примечания

# 1

Изотопы — атомы одного и того же химического элемента, ядро которых имеет одинаковое число протонов, но разное количество нейтронов.

## 2

Период полураспада — промежуток времени, в течение которого распадается половина ядер радиоактивного изотопа.